

Modellering av vikeplikt og prioritet i ulike krysstyper i AIMSUN

Petter Skulbru

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: juni 2015

Hovedveileder: Arvid Aakre, BAT

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for bygg, anlegg og transport



Oppgavens tittel: Modellering av vikeplikt og prioritet i ulike krysstyper i AIMSUN - Yield and Priority modellering in various Intersections with AIMSUN	Dato: 10.06.2015 Antall sider (inkl. bilag): 167
	Masteroppgave x Prosjektoppgave
Navn: Stud.techn. Petter Skulbru	
Faglærer/veileder: Amanuensis Arvid Aakre, NTNU/Trafikkteknisk senter	
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Erlend Aakre, NTNU/Trafikkteknisk senter Børge Bang, Statens vegvesen	

Ekstrakt:
Mikrosimulering av kjøretøyatferd som oppstår i ulike kryss kan være krevende. I denne oppgaven er Aimsun 8.1 benyttet til å teste ut hvilken effekt endringer av parameterverdier for parametre som styrer vikeplikt, prioritet og samarbeid har å si for avviklet trafikk og gjennomsnittlige forsinkelser i et nettverk ved Sluppen i Trondheim.

I løpet av to dager er det gjort videooptak på to steder i nettverket ved Sluppen. Ut fra videooptakene er det gjort registreringer av svingebevegelser i samtlige kryss i nettverket. Videre er det også registrert kølengder som sammen med trafikkmengdene har gjort det mulig å lage OD-matriser med etterspurt trafikkvolumer i tillegg til å beregne totale og gjennomsnittlige forsinkelser på strategiske steder i nettverket.

Nettverket er modellert og kalibrert i Aimsun med dagens trafikkvolum som inngangsdata. Parametre som beskriver vikeplikt og samarbeid er testet ut i en rundkjøring og i et t-kryss som befinner seg i nettverket. Resultatene fra testene er avviklet trafikk og gjennomsnittlige forsinkelser ved forskjellige verdier for parametrene. I tillegg er det gjort et forsøk på å finne optimale verdier for parametrene som skal beskrive den observerte trafikksituasjonen.

Modellering av vikeplikt og prioritet i Aimsun ved hjelp av vikepliktsmodellen er ikke noe som trenger å påvirke simuleringen i stor grad. En kan oppnå mye ved å kun kalibrere reaksjonstider og hastigheter, men vikepliktsparametrene gir en større frihet til å modellere spesielle situasjoner i tillegg til at en kan beskrive trafikk på et meget detaljert nivå.

Innføringen av samarbeidsmodellen gjør at en nå kan simulere samarbeid i form av fletting på en mer realistisk måte. Modellen krever fortsatt noe arbeid da for eksempel tunge kjøretøy og sjokkbølger kan ha innflytelse på samarbeidsandelen. Dersom en måler med gjennomsnittlige forsinkelser og avviklet trafikk gir ikke modellen store forskjeller i resultatene i forhold til en modell som benytter seg av "yellow box"-kryss uten reguleringer. Samarbeidsmodellen beskriver derimot situasjonene før og etter fletting bedre da man kan skru av samarbeidsmodellen når det er lite trafikk.

Stikkord:

1. Aimsun 8.1
2. Vikeplikt
3. Samarbeid
4. Sluppen

Petter Skulbru

(sign.)

Forord

Denne rapporten er et resultat av min masteroppgave ved Institutt for bygg, anlegg og transport (BAT) våren 2015. Omfanget av oppgaven er 30 studiepoeng og er den avsluttende delen av min mastergrad med spesialisering innen transport i studiet Bygg- og miljøteknikk ved NTNU.

En stor takk rettes til min hovedveileder og faglærer ved NTNU, Arvid Aakre, for hjelp med formulering av oppgave og faglige innspill underveis. En stor takk rettes også til medstudent Kristoffer Røys og stipendiat Erlend Aakre ved NTNU som jeg har samarbeidet med for å registrere og behandle data, i tillegg til å være til hjelp med modellverktøyet Aimsun når jeg har hatt spørsmål og trengt assistanse.

Videre vil jeg takke Børge Bang fra Statens vegvesen som har laget den modellen som er grunnlaget i modellene som er benyttet i denne oppgaven, og som i tillegg har bidratt med kunnskap i møter underveis.

Til sist vil jeg takke Asplan Viak som gjennom Asplan Viak-programmet har bidratt med støtte til både fordypningsprosjektoppgaven (2014) og masteroppgaven (2015).

Trondheim, 10. juni 2015



Petter Skulbru

Sammendrag

Mikrosimulering av atferd som oppstår i ulike kryss kan være krevende. I denne oppgaven er Aimsun 8.1 benyttet til å teste ut hvilken effekt endringer av parameterverdier for parametre som styrer vikeplikt, prioritet og samarbeid har å si for avviklet trafikk og gjennomsnittlige forsinkelser i et nettverk ved Sluppen i Trondheim.

Aimsun består også av en makro- og mesodel som ikke inngår i oppgaven. Det er heller ikke sett på alle aspektene ved mikrosimuleringsdelen, men lagt vekt på de delene som påvirker vikeplikt, prioritet og samarbeid. Fotgjengere kan ha en stor påvirkning på trafikkavviklingen i noen områder. Aimsun har også en modell for fotgjengere, men i denne oppgaven er det ikke forsøkt å modellere.

I løpet av to dager gjort videoopptak på to steder i nettverket ved Sluppen. Ut fra videoopptakene er det gjort registreringer av svingebevegelser i samtlige kryss i nettverket. Videre er det også registrert kølengder som sammen med trafikkmengdene har gjort det mulig å lage OD-matriser med etterspurt trafikkvolumer i tillegg til å beregne total og gjennomsnittlige forsinkelser på strategiske steder i nettverket.

Nettverket er modellert og kalibrert i Aimsun med dagens trafikkvolum som inngangsdata. Parametre som beskriver vikeplikt og samarbeid er testet ut i en rundkjøring og i et t-kryss som befinner seg i nettverket. Resultatene fra testene er avviklet trafikk og gjennomsnittlige forsinkelser ved forskjellige verdier for parametrene. I tillegg er det gjort et forsøk på å finne optimale verdier for parametrene som skal beskrive den observerte trafikksituasjonen.

Hovedkonklusjonen til hver parameter er:

Sikkerhetsmarginer (Safety Margins) har økende påvirkningsgrad ved økt trafikkmengde på

hovedvegen. Er mulig å benytte til kalibrering både med og uten samarbeidsmodellen. De gir ofte gode resultater med standard verdiene. Parametrene kan benyttes til å kalibrere gjennomsnittlig forsinkelse for tilfarter i et kryss og er de parametrene en burde starte å kalibrere med av vikepliktparametrene. Spesielt dersom en ikke benytter seg av samarbeidsmodellen.

Viketidsfaktorene (Give Way Time Factors) har større påvirkning ved økte trafikkmengde på hovedvegen. Virker å ha minst påvirkningsgrad på gjennomsnittlig forsinkelse av alle parametrene i vikepliktsmodellen.

Sikt til vikeplikt (Visibility to Give Way) har veldig stor påvirkning ved verdier fra 15 meter og mindre på gjennomsnittlige forsinkelser dersom en benytter samarbeidsmodell. Dersom en ikke benytter seg av samarbeidsmodellen, men kun vikepliktsregulering i stede, gir denne modellen små utslag. Standardverdiene kan fungere bra i mange tilfeller.

Sikt langs hovedveg (Visibility along Main Stream) gir mulighet til å senke gjennomsnittlige forsinkelser på sidevegen ved lave parameterverdier. Gjennomsnittlige forsinkelser er mest sensitive ved verdier fra 25 meter og lavere. Lave verdier kan benyttes for å gjøre lavt prioriterte kjøretøy mer aggressive dersom samarbeidsmodellen benyttes.

Samarbeidsandel (Cooperation) har en stor påvirkning på gjennomsnittlige forsinkelser men påvirker også avviklet trafikk. Parameteren bør bestemmes ut fra observert andel fletting i det aktuelle krysset.

Modellering av vikeplikt og prioritet i Aimsun ved hjelp av vikepliktsmodellen er ikke noe som trenger å påvirke simuleringen i stor grad. En kan oppnå mye ved kun å kalibrere reaksjonstider og hastigheter, men vikepliktparametrene gir en større frihet til å modellere spesielle situasjoner i tillegg til at en kan beskrive trafikk på et meget detaljert nivå.

Innføringen av samarbeidsmodellen gjør at en nå kan simulere samarbeid i form av fletting på en mer realistisk måte. Modellen krever fortsatt noe arbeid da for eksempel tunge kjøretøy og sjokkbølger kan ha innflytelse på samarbeidsandelen. Dersom en måler med gjennomsnittlige forsinkelser og avviklet trafikk gir ikke modellen store forskjeller i forhold til en modell som benytter seg av "yellow box"-kryss uten reguleringer. Samarbeidsmodellen beskriver derimot situasjonene før og etter fletting bedre da man kan skru av samarbeidsmodellen når det er lite trafikk.

Summary

Microsimulation of behavior that occurs in various intersections can be demanding. In this thesis changes in parameter values that control yield (give way), priority and cooperation is tested to determine the impact it has on traffic flow and average delay time. The tests are done with Aimsun 8.1 in a traffic network at Sluppen, Trondheim.

Aimsun also consists of a macroscopic and a mesoscopic model which is not discussed further in the thesis. Moreover not all aspects of microsimulation is covered, but rather there is an emphasis on the aspects of microsimulation that influences yield, priority and cooperation. Pedestrians may also influence the traffic in the network and Aimsun has an application to simulate pedestrians. However pedestrians are not covered further in this thesis.

Over the course of two days the traffic is recorded on two separate places at Sluppen. From the video footage the traffic flow for each turn is registered as well as queue lengths for all the intersections in the network. The traffic flow and queue lengths are then converted to OD-matrices with arrival flows, as well as used to calculate total and average delay in strategic places in the network.

The network is modeled and calibrated in Aimsun with the OD-matrices that reflects the situation today. The parameters that describe yield and cooperation is tested in the network, in a roundabout and in a three-way intersection. The result of the tests consists of traffic flow and average delay time at different values of these parameters. In addition there has been an attempt to find the values of these parameters that can best describe the observed traffic at Sluppen.

The main conclusions for each parameter are:

Safety Margins has an increasing impact with increasing traffic on the main road. Has an influence whether the cooperation model is activated or not. The parameters can be used to calibrate average delay time with good effect in both types of intersections. It is also the parameters that should start the calibration process of the parameters that affects the Give-Way model. This is especially the case if cooperation is not used.

Give Way Time Factors has an increasing impact with increasing traffic on the main road. However the parameters seem to be the least impact on average delay in the Give-Way model.

Visibility to Give Way has great influence for values below 15 meters on average delay if the cooperation model is active. If not, then the parameters have little impact. The standard values will often be sufficient.

Visibility along Main Stream gives the option to decrease the average delays in side roads if low parameter values are used, mainly values below 25 meters. Low values may be used to increase the aggressiveness of drivers in non-priority traffic streams if the cooperation is activated.

Cooperation has big influence on average delays and traffic flow. This parameter should be decided based on the observed traffic condition at the intersection in question.

Modeling give way behavior in Aimsun with the give way model does not have to impact the simulation to a big extent. With calibration of reaction times and speed it is possible to achieve good results, however the give way model gives a greater freedom to model more complex situations in addition to be able to model traffic in great detail.

The incorporation of the cooperation model in Aimsun makes it possible to simulate merging in a more realistic way. The model still has some flaws like trouble with heavy vehicles, shock wave in queue discharge that influences the merging process etc. Moreover the model has very similar results to a method that uses yellow box in nodes and no other control throughout the total modeling period. On the other hand, the cooperation model can be activated during the modeling period and therefore is a more realistic way to simulate traffic.

Innholdsfortegnelse

Forord	iii
Sammendrag	v
Summary	vii
Figurer	xiv
Tabeller	xvi
Ordliste	xvii
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Formål	2
1.3 Omfang og begrensninger	2
1.4 Rapportens oppbygging	3
2 Trafikkmodeller og trafikkstrømteori	5
2.1 Trafikkstrømteori	8
2.1.1 Tidsluker	8
2.1.2 Fordeling av tidsluker	10
2.1.3 Bilfølgemodeller	11
2.1.4 Kø og forsinkelse	12
2.2 Aimsun	13
2.2.1 Nettverkselementer	14

2.2.2	Modellering av kryss	17
2.2.3	Mikrosimulering	21
2.2.4	Atferdsmodeller for mikrosimulering	23
2.2.5	Parametre som styrer trafikkavvikling	29
2.3	Kalibrering og validering av simuleringsmodeller	35
3	Metode og utførelse	37
3.1	Opplæring	38
3.2	Forarbeid	39
3.2.1	Valg av og beskrivelse av studieområde	39
3.2.2	Registreringer	41
3.2.3	Databehandling	47
3.2.4	Oppbygging og grovkalibrering av modeller	53
3.3	Utførelse	57
3.3.1	Antall replikasjoner	58
3.3.2	Testing av parametre	61
3.3.3	Optimalisering og validering	63
3.4	Etterarbeid	65
3.4.1	Metode for å beskrive resultater fra parameter testingen	65
4	Resultater og diskusjon	67
4.1	Tester under opplæring	68
4.2	Test av parametre i studieområde	72
4.2.1	Sikkerhetsmargin	74
4.2.2	Viketidsfaktor	78
4.2.3	Siktparametrene	82
4.2.4	Samarbeidsandel	86
4.2.5	Andre parametre	89
4.3	Sammenligning av modeller og registrert data	91
4.4	Metode for bestemmelse av parameterverdier	101
4.5	Vurdering av Aimsun	104
4.5.1	Generelt	104
4.5.2	Vikepliktsmodellen	105
4.5.3	Samarbeidsmodellen	105

4.6	Oppsummering	107
4.6.1	Modellene	107
4.6.2	Usikkerhet og feilkilder	109
5	Konklusjon	111
6	Videre arbeid	115
	Litteraturliste	117
	Vedlegg	119

Figurer

2.1	Detaljeringsgrad og tidsperspektiv av modelleringsverktøy [3].	6
2.2	Luker og tidsluker mellom kjøretøy n og $n+1$ [7].	9
2.3	Sieglochs metode for å finne kritisk tidsluke og følgetid.	10
2.4	Aimsun-nettverk med noder, lenker og sentroider.	15
2.5	T-kryss med tillatte svingebevegelser.	18
2.6	Skjerm bilde av hvordan en gir prioritet til svingebevegelser med konflikt i en node.	19
2.7	Skjerm bilde av verktøylinja i Aimsun, med noen utvalgte funksjoner.	20
2.8	Eksempel på en faseplan i Aimsun.	21
2.9	En prosjektmappe i Aimsun med dynamisk scenario, eksperiment og replikasjon.	22
2.10	Vikepliktsmodellen.	27
2.11	En skjematisk framstilling av samarbeidsmodellen som en forlengelse av bilfølgemodellen og vikepliktsmodellen [18].	28
2.12	Vikepliktsparametrene: sikkerhetsmargin (eng: safety margin) og vikepliktsfaktor (eng: give way time factor) og siktavstand til vikeplikt (eng: visibility to give way) og siktavstand langs hovedveg (eng: visibility along main stream) [19].	34
2.13	Verifisering, kalibrering og validering av en modell [19].	35
3.1	Fiktivt testnettverk.	38
3.2	Oversiktsbildet av Trondheim med avmerket studieområde [23].	39
3.3	Oversiktsbildet over kryssene i oppgaven som også illustrerer problemet med tilbakeblokkering [23].	40
3.4	Posisjonering av kameraer [23].	41

3.5	Registrerte bevegelser for rundkjøringen tirsdag [23].	43
3.6	Registrerte bevegelser for rundkjøringen onsdag [23].	44
3.7	Registrerte bevegelser for det signalregulerte krysset [23].	45
3.8	Andel av kø som skal til påkjøringsrampen og til Sluppenvegen fra Nidarvoll [23].	46
3.9	Registrert og forenklet signalplan [23].	47
3.10	Modell over hoveddelen av studieområdet med avmerkede sentroider (soner) hvor trafikk kommer fra. I denne figuren vises sentroiden til Nidarvoll, mens kun navnene til de andre sentroidene er gitt.	48
3.11	Forenklet køforløp med prinsipp for valg av starttidspunkt for OD-matriser (onsdag).	49
3.12	OD-matriser tirsdag. 14:45-15:45, 15:45-16:00 og 16:00-16:30.	50
3.13	OD-matriser onsdag. 14:45-15:45, 15:45-16:15 og 16:15-16:30.	51
3.14	Illustrasjon av metode for å finne total forsinkelse.	52
3.15	Endringer i geometrien til modellen.	54
3.16	Strekninger benyttet til kalibrering av kjøretøytetthet. 1: Rundkjøring-lyskryss. 2: Påkjøringsrampe-rundkjøring [23].	55
3.17	Modellert og observert avviklet trafikk sammen med GEH-verdiene fra Tempevegen nord til Oslovegen nord, Oslovegen sør og Oslovegen totalt.	56
3.18	Ekstra reaksjonstider for lenker i og rundt rundkjøringen.	57
3.19	Spredning i forsinkelse (venstre) og avviklet trafikk (høyre) på avkjøringsrampen med åtte tilfeldige replikasjoner.	59
3.20	Gjennomsnitt av forsinkelse (venstre) og avviklet trafikk (høyre) på avkjøringsrampen med 5 (blå), 20 (grønn), 35 (rød) og 50 (lyseblå) replikasjoner.	60
3.21	Registreringspunktene Tempevegen nord, avkjøringsrampen og Sluppenvegen.	64
4.1	Gjennomsnittlige forsinkelser når første sikkerhetsmargin = siste sikkerhetsmargin.	68
4.2	Gjennomsnittlige forsinkelser for forskjellige verdier av sikkerhetsmarginene når viketidsfaktorene er konstante.	69
4.3	Gjennomsnittlige forsinkelser for forskjellige verdier av sikkerhetsmarginene når viketidsfaktorene er konstante.	70
4.4	De aktuelle nodene som parametrene blir endret i.	72

4.5	Gjennomsnittlige forsinkelser i Tempevegen ved forskjellige parameterverdier for sikkerhetsmarginene i rundkjøringen.	74
4.6	Gjennomsnittlige forsinkelser på avkjøringsrampen ved forskjellige parameterverdier for sikkerhetsmarginene i t-krysset.	76
4.7	Gjennomsnittlige forsinkelser i Tempevegen ved forskjellige parameterverdier for viketidsfaktorene i rundkjøringen.	79
4.8	Gjennomsnittlige forsinkelser på avkjøringsrampen ved forskjellige parameterverdier for viketidsfaktorene i t-krysset.	80
4.9	Gjennomsnittlige forsinkelser i Tempevegen ved forskjellige parameterverdier for siktparametrene i rundkjøringen.	82
4.10	Gjennomsnittlige forsinkelser på avkjøringsrampen ved forskjellige parameterverdier for siktparametrene i t-krysset.	84
4.11	Gjennomsnittlige forsinkelser i Tempevegen ved forskjellige parameterverdier for samarbeidsandel i rundkjøringen.	87
4.12	Gjennomsnittlige forsinkelser på avkjøringsrampen ved forskjellige parameterverdier for samarbeidsandel i t-krysset.	88
4.13	Gjennomsnittlige forsinkelser i Tempevegen og på avkjøringsrampen ved forskjellige parameterverdier for "yellow box"-hastighet.	90
4.14	Sammenligning av resultater fra modeller i Tempevegen.	93
4.15	Sammenligning av resultater fra modeller på avkjøringsrampen.	95
4.16	Sammenligning av resultater fra modeller i Sluppenvegen.	97
4.17	Problem med samarbeidsmodellen.	106

Tabeller

3.1	Gjennomsnittlige antall kjøretøy målt på utvalgte kjørefelt i modellene og studieområdet.	56
3.2	Prosentvis forskjell i gjennomsnittlig forsinkelse og avviklet trafikk ved bruk av 5, 20 og 35 replikasjoner i forhold til bruk av 50 replikasjoner.	61
4.1	Maks, min, gjennomsnittlig og median av gjennomsnittlige forsinkelser i sideveg.	71
4.2	Forskjeller mellom de to kryssene i parametertestingen.	73
4.3	Standardverdier.	73
4.4	Største og minste prosentvise endring ved variasjon av sikkerhetsmarginer for krysset i rundkjøringen (Tempevegen).	75
4.5	Prosentvise endring i forhold til resultater for standardverdier på avkjøringsrampen ved variasjon av sikkerhetsmarginer i t-krysset.	76
4.6	Største og minste prosentvise endring fra standardverdier ved variasjon av viketidsfaktorene for krysset i rundkjøringen (Tempevegen).	79
4.7	Største og minste prosentvise endring i forhold til standardverdier på avkjøringsrampen ved variasjon av viketidsfaktorene i t-krysset.	81
4.8	Prosentvise endring i forhold til resultater for standardverdier ved variasjon av siktparametrene for krysset i rundkjøringen (Tempevegen).	83
4.9	Prosentvise endring i forhold til resultater for standardverdier ved variasjon av siktparametrene i t-krysset (avkjøringsrampen).	85
4.10	Prosentvis endring i forhold til 0 % samarbeidsandel ved variasjon av samarbeidsandel i rundkjøringen (Tempevegen).	87
4.11	Prosentvis endring i forhold til 0 % samarbeidsandel, ved variasjon av samarbeidsandel for t-krysset.	88

4.12	Parameterverdier benyttet i best tilpasset modell.	92
4.13	GEH-verdier for modellen som benytter samarbeid fra 15:30.	98
4.14	GEH-verdier for modellen som benytter "yellow box"-kryss.	99
4.15	Sammenligninger av observerte gjennomsnittlige forsinkelser og modellerte gjennomsnittlige forsinkelser.	99
5.1	Verdier som stemmer best med det observerte trafikkbilde med tanke på gjennomsnittlige forsinkelser og avviklet trafikk.	113

Ordliste

Globale nettverksparametre - Global modelling parameters

Fordeling av tidsluker - Global arrivals

Oppdateringsintervall - Simulation step

Reaksjonstid - Reaction time

Reaksjonstid ved stopp - Reaction time at stop

Reaksjonstid ved sinalanleg - Reaction time at traffic light

Utgangs-/inngangshastighet for kø - Queue exit/entry speed

Lokale parametre - Local parameters

Aggressivitet - Aggressiveness

Bremseintensitet - Breaking intensity

Ekstra reaksjonstid ved signalanlegg - Additional reaction time at traffic light

Ekstra reaksjonstid ved stopp - Additional reaction time at stop

Fartsgrense - Maximum speed

Helning - Slope

Samarbeidsandel - Cooperation

Sikkerhetsmarginer - Safety margins

Sikt langs hovedveg - Visibility along main road

Sikt til vikeplikt - Visibility to give way

Svingehastighet - Speed (turn)

Vikepliktparametre - Give way parameters

Viketidsfaktorer - Give way time factors

Økt akselerasjon - Increasing acceleration

Kjøretøy og føreregenskaper - Vehicle attributes

Lengde - Length

Maksimal akselerasjon - Maximum acceleration

Maksimal retardasjon - Maximum deceleration

Maksimal ønsket hastighet - Maximum desired speed

Minste avstand - Clearance

Normal retardasjon - Normal deceleration

Sensitivitetsfaktor - Sensitivity factor

Største viketid - Maximum give way time

Villighet til å følge fartsgrensen - Speed acceptance

Eksperiment - Experiment

Replikasjon - Replication

Scenario - Scenario

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Verden er i stadig forandring og trafikkbildet blir påvirket og forandret på grunn av dette. Analyser av trafikksituasjoner som kan oppstå, både i dag og i framtiden, er nødvendig for å kunne forutse problemer og for å lage transportsystemer som er så effektive som mulig. Modellering av transportsystemer gir muligheten til å se effekten av endringer i systemet på en kostnadseffektiv måte. Modellene er en tilnærming til virkeligheten og gir dermed ikke fasitsvar, men fungerer som en pekepinne på hvilke tiltak som burde gjennomføres. I modeller kan man endre forskjellige parametre som for eksempel trafikkvolum, hastighet og forskjellig atferd, men også endre den fysiske utformingen til transportsystemet. Derfor er en god modell med god inngangsdata et godt verktøy for å løse og forutse problemer som oppstår i forbindelse med trafikkavvikling.

Det er derimot en del problematikk knyttet til bruk av modelleringsverktøy til å modellere trafikk. Blant annet varierer atferden til førere av kjøretøy i forskjellige land. Aimsun er utviklet i Spania, og det er derfor mulig at mikrosimulering av prioritet, vikeplikt og samarbeid vil være forskjellig i hva som gjelder i Norge med tanke på hva som er vanlige parametre. Derfor er det ønskelig å finne metoder for å finne verdier til parametre i Aimsun som påvirker trafikkavviklingen slik at situasjoner stemmer bedre overens med det lokale trafikkbildet.

I denne oppgaven er det betaversjonen av Aimsun 8.1 en som er benyttet. Det er i versjon 8.1 samarbeidsmodellen er implementert for første gang og dermed er testing av samarbeid en stor del av denne oppgaven.

1.2 Formål

Med bakgrunn i interesse av modelleringsverktøy, og Aimsun spesielt, er det formulert en problemstilling som tar for seg mikrosimulering og problematikk knyttet til dette. Problemstillingen denne oppgaven prøver å løse er:

Hvordan kan Aimsun beskrive vikeplikt, prioritet og samarbeid best mulig i ulike krysstyper?

For å finne svare på dette er flere delmål definert:

1. Kartlegge og beskrive modeller og parametre som påvirker vikeplikt, prioritet og samarbeid i Aimsun, samt teorien som ligger bak disse.
2. Finne fram til et mindre nettverk som egner seg for uttesting av modellene og parametrene for så å samle inn nødvendig data fra dette nettverket.
3. Modellere nettverket etter dagens trafikkbilde og teste ut de utvalgte parametrenes innvirkning på trafikkavvikling.
4. Finne verdier for parametre som stemmer best mulig med det observerte trafikkbildet.
5. Vurdere hvordan aktuelle parametre kan best bestemmes for norske forhold.
6. Vurdere hvor god Aimsun er til å beskrive situasjonene som er modellert.

1.3 Omfang og begrensninger

Med den tidsbegrensningen som 30 studiepoeng utgjør er det kun hentet inn data fra ett studieområde, Sluppen i Trondheim. Store deler av tiden har gått med på å bli kjent med mikrosimuleringsmodellen i Aimsun samt manualene som hører til. Blant annet er det gjort tester av parametre i fiktive nettverk for å få kjennskap til innvirkningen av disse.

Aimsun består også av en makro- og mesodel som ikke inngår i oppgaven. Det er heller ikke sett på alle aspektene ved mikrosimuleringsdelen, men lagt vekt på de delene som påvirker vikeplikt, prioritet og samarbeid.

Fotgjengere kan ha en stor påvirkning på trafikkavviklingen i noen områder. Aimsun har også en modell for fotgjengere, men i denne oppgaven er det ikke forsøkt å modellere.

1.4 Rapportens oppbygging

Oppgaven er delt inn i seks deler slik som beskrevet nedenfor. For hver del er det beskrevet hva delen består av og eventuelt hva slags delmål delen skal utføre eller besvare.

Innledning

Denne delen består av oppgavens bakgrunn, valg av problemstilling, oppgavens problemstilling og hvordan denne skal løses. Informasjon om oppgavens viktigste begrensninger og hvordan den er bygget opp er også beskrevet her.

Trafikkmodeller og trafikkstrømteori

Trafikkstrømteori som er benyttet enten i selve modellen, eller i innhenting og analyse av data er beskrevet i dette kapittelet. Modeller og parametre som inngår i Aimsun er også beskrevet. Informasjon om modellene og parametrene her hovedsakelig hentet fra manualer som er tilknyttet programvaren. Målet med denne delen er altså utføre det første delmålet som består av kartlegging av modeller og parametre.

Metode og utførelse

Metodedelen har som hensikt å dokumentere arbeidet som er utført, og hva det består av, slik at resultatene kan reproduseres eller etterprøves. Det også forsøkt å vurdere styrker og svakheter med metodene som er benyttet. Denne delen beskriver altså prosessene med å finne fram til et nettverk, hvordan det er samlet inn data fra dette nettverket samt hvordan det er modellert. Videre er det også beskrevet og begrunnet valg av metode for uttestingen av parametre og hvordan verdier som passer best til observert trafikkbildet.

Resultater og diskusjon

Resultatene fra arbeidet som er utført er presentert i denne delen. Resultatene som er funnet blir også vurdert og diskutert før de knyttes opp mot delmålet som skal vurdere

metoder for å bestemme parameterverdier. Deretter blir Aimsun vurdert i forhold til hvordan programmet er til å beskrive situasjoner med vikeplikt og samarbeid, før det er forsøkt å diskutere resultatene ut fra hovedproblemstillingen.

Konklusjon

Oppgaven blir oppsummert og konklusjonene som kan trekkes fra resultatet blir beskrevet i denne delen. Til sist er det foreslått hvordan arbeidet kan videreføres.

Videre arbeid

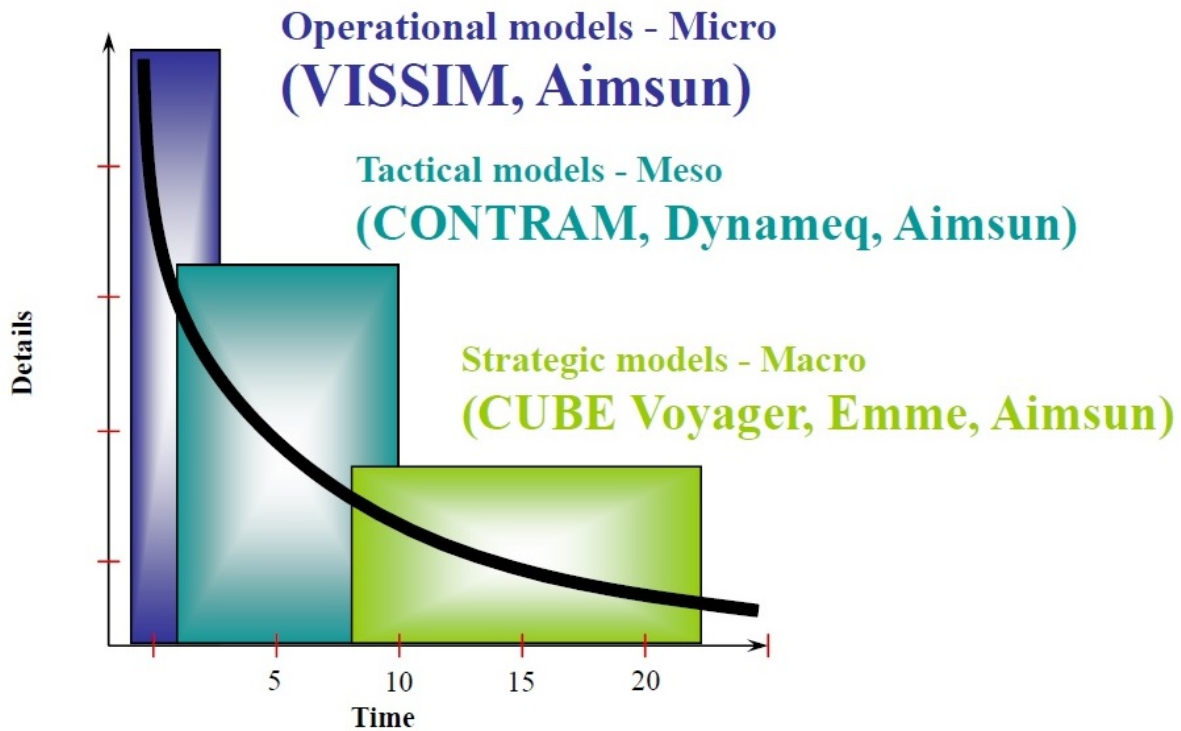
I denne delen kommer tanker og ideer til hva som burde jobbes videre med og eventuelle andre forslag som kan bidra til å løse en problemstilling slik som i oppgaven.

2 Trafikkmodeller og trafikkstrømteori

Det finnes flere typer trafikkmodeller og de kan kategoriseres i ulike kategorier. Modeller er klassifisert etter detaljeringsnivå, makro, meso eller mikro og er enten av en analytisk natur eller er basert på simulering. En analytisk modell benytter seg av direkte matematiske beregninger for å fastslå tilstander i et system, mens en simuleringsmodell benytter ulike regler (hovedsakelig i form av matematiske ligninger) som beskriver bevegelser av kjøretøy i et system (individuellt eller i grupper av kjøretøy) [1].

Simuleringsmodeller kan i tillegg klassifiseres som enten deterministisk eller stokastisk. I deterministiske modeller er det ingen avhengighet mellom de enkelte kjøretøyene. Stokastiske modeller fanger opp variasjoner i for eksempel reaksjonstid og vegvalg, og kjøretøyene er avhengig av hverandre [2]. På grunn av tilfeldighetene som naturlig spiller inn ved stokastiske modeller må det alltid lages flere replikasjoner av scenarioer og beregnes et gjennomsnitt av disse for å få statistisk signifikante resultater.

Som sagt kan modeller også deles inn etter hvilken detaljeringsgrad de operer på. Detaljeringsgraden kan være på makro- eller mikronivå, men det finnes også noe mellom disse som heter mesonivå. Figur 2.1 viser hvordan modellene blir benyttet i forhold til detaljeringsgrad og hvor stort tidsperspektiv som betraktes.



Figur 2.1: Detaljeringsgrad og tidsperspektiv av modelleringsverktøy [3].

Makroskopisk

På dette nivået blir trafikken sett på som trafikkstrømmer som baserer seg på den gjennomsnittlige oppførselen til trafikkanter. Slike modeller tar ofte utgangspunkt i hastighet og kjøretøytetthet og relasjonen mellom disse. Målet er å skape seg et overordnet bilde av trafikkstrømmer for et gitt område. Makromodeller spenner ofte over store områder har et større tidsperspektiv enn hva mikromodeller har.

Mikroskopisk

Modeller på mikronivå er modellene med det høyeste detaljeringsnivået. Her blir individuelle kjøretøy modellert etter en detaljert beskrivelse av interaksjon mellom forskjellige kjøretøy. Et typisk eksempel på en mikroskopisk modell er en bilfølgemodell. Dette er en modell

hvor oppførselen (akselerasjon og retardasjon) til hvert enkelt kjøretøy blir beskrevet av for eksempel hastigheten mellom kjøretøy og en reaksjonsparameter. De fleste mikrosimuleringsmodeller inneholder en type bilfølgemodell, men også en modell for feltskifte og vegvalg [4].

Mesoskopisk

Ordet meso kommer av gresk mytologi og betyr ”midtre” eller ”mellom” [5]. Mesoskopiske modeller befinner seg altså mellom makro- og mikromodeller. De tar for seg klynger av kjøretøy og den samlede atferden i systemet. Det er ikke et klart skille når det mesoskopiske nivået stopper og når makro- og mikronivået starter, dermed er det en overlapping mellom mesonivå og makro-/mikronivå.

Hybrid meso-mirkosimulering

Den siste trenden inne trafikksimulering er å kombinere meso- og mikromodeller i noe som kalles hybrid meso-mikrosimulering for å få det beste fra begge verdener. I denne hybriden lages det en mesoskopisk modell av et større område, og der det finnes områder som er spesielt utsatt for problemer med trafikkavvikling blir det laget mikromodeller.

2.1 Trafikkstrømteori

Matematiske modeller blir benyttet innen de fleste fagfelt når systemer skal beskrives analytisk. Dette gjelder også innen trafikkfaget. Trafikkstrømteori kan defineres som en beskrivelse av trafikkstrømmer ved hjelp av fysikkens og matematikkens lover, med hensyn tatt til menneskers atferd [2]. Disse matematiske modellene er basert på en kombinasjon av empiri og teori og har som mål å gi trafikkingeniører et verktøy til å løse problematikk i forhold til trafikk og transport.

Når trafikkdata samles inn er det ofte slik at det er de grunnleggende parametrene for trafikk som er av interesse. De grunnleggende parametrene som karakteriserer trafikken er trafikkvolum, hastighet og tetthet. Siden trafikkstrømmer ikke er uniforme, men varierer med tid og sted, er disse parametre for statistiske distribusjoner og ikke absolutte tall. Sammenhengen mellom disse parametrene er gitt i ligningen $k = q \cdot u$, der k = tetthet, q = er trafikkvolum og u = strekningshastigheten.

2.1.1 Tidsluker

Tidsluker er et bredt begrep som er meget sentralt i trafikkstrømteori. Begrepet beskriver avstanden mellom et kjøretøy og neste kjøretøy i tid, som regel sekunder. I litteraturen skilles det mellom tidsluker som er målt fra front til front og fra bak til front på kjøretøyene, det som på engelsk blir kalt henholdsvis "headway" og "gap". På norsk finnes det ikke noen egne ord for hver av dem og de blir bare beskrevet som tidsluke front-front, og tidsluke bak-front. De forskjellige tidslukene og avstander i lengde er illustrert i figur 2.2.

Når et kjøretøy skal krysse eller kjøre inn i en trafikkstrøm i et vikepliktsregulert kryss må sjåføren selv velge en trygg luke i trafikkstrømmen. I en slik situasjon vil det være størrelsen på tidsluken (bak-front) som avgjør når sjåføren velger å kjøre inn i trafikkstrømmen. Det finnes fem situasjoner hvor sjåfører må velge en trygg luke [6]:

1. Venstresving over motgående trafikk og ingen trafikkregulering.
2. Venstresving over motgående trafikk med signalregulering (grønn med konflikt).
3. Venstresving inn på en veg med tovegstrafikk fra et vikepliktsregulert kryss.
4. Kryssing av en veg med tovegstrafikk fra et vikepliktsregulert kryss.
5. Høyresving inn på en veg fra et vikepliktsregulert kryss (for eksempel en rundkjøring).

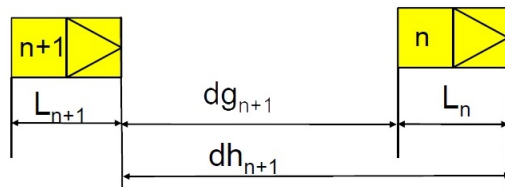
Luke (front-front) til kjøretøyet i front = dh_{n+1}

Luke (bak-front) til kjøretøyet i front = dg_{n+1}

Tidsluke (front-front) til kjøretøyet i front = th_{n+1}

Tidsluke (bak-front) til kjøretøyet i front = tg_{n+1}

Lengde til kjøretøyet i front = L_n



$$dh_{n+1}(t) = L_n + dg_{n+1}(t)$$

$$dh_{n+1} \approx th_{n+1} * u_n$$

$$tg_{n+1} \approx th_{n+1} - \frac{L_n}{u_n}$$

Figur 2.2: Luker og tidsluker mellom kjøretøy n og n+1 [7].

Den minste tidsluken (bak-front) en gjennomsnittlig sjåfør vil akseptere for å kunne kjøre inn i en trafikkstrøm blir kalt kritisk tidsluke, t_c . I realiteten er det ikke noen gjennomsnittlig sjåfør i trafikken og det er dermed store variasjoner av kritisk tidsluker, både mellom forskjellige sjåførere og til og med for en enkelt sjåfør. Dersom det oppstår så store tidsluker at mer enn ett kjøretøy kan kjøre inn i trafikkstrømmen, vil ofte kjøretøyene etter det første kjøretøyet akseptere mindre tid (i den samme tidsluken som kjøretøy nummer én) enn hva kjøretøy nummer én godtar. Tiden kjøretøy nummer to trenger etter kjøretøy nummer én har kjørt inn i trafikkstrømmen når begge bruker den samme luken, kalles for følgetid (t_f). Sammen gjelder for kjøretøy nummer tre, etter kjøretøy nummer to osv. Følgetid vil typisk være ca. 60 % av kritisk tidsluke [8].

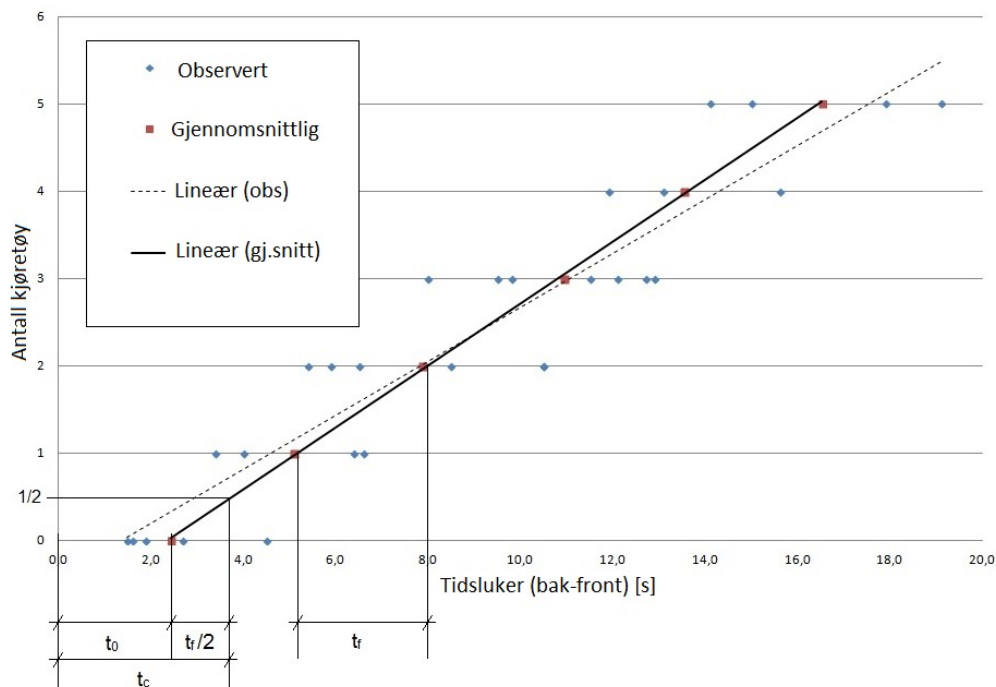
Kritisk tidsluke og følgetid kan beregnes etter flere metoder, men her vil kun lineærregresjonsmetoden bli beskrevet. Metoden er beskrevet av Siegloch [9], og gir akseptable resultater. For å kunne benytte denne metoden må det alltid være minst ett kjøretøy i kø over hele observasjonsperioden. Ved å måle størrelsen på tidsluken (bak-front) og antall kjøretøy som kjører inn i den over en periode, kan en finne gjennomsnittlig tidsluke (bak-front) med et gitt antall kjøretøy som velger å benytte seg av denne tidsluken (se figur 2.3). Lineærregresjon blir benyttet på de gjennomsnittlige verdiene for tidsluker (bak-front). Stigningstallet ($1/t_f$) og regresjonslinjens krysning av x-aksen (t_0) benyttes for å finne følge tid og kritisk tidsluke [10]:

$$Helning = \frac{1}{t_f} \tag{2.1}$$

$$t_c = t_0 + \frac{t_f}{2} \tag{2.2}$$

hvor:

- t_f er følgetiden.
- t_0 er verdien for tidsluker hvor lineærregresjon krysset y-aksen.
- t_c er kritisk tidsluke.



Figur 2.3: Sieglochs metode for å finne kritisk tidsluke og følgetid.

2.1.2 Fordeling av tidsluker

Fordelingen av tidsluker i en trafikkstrøm har stor innflytelse på hvordan et vikepliktsregulert kryss vil fungere. Her er det mange muligheter som beskriver fordelingen av tidsluker, men

det tas ofte utgangspunkt i en eksponentialfordeling. Andre mer komplekse fordelinger er blant annet [8]:

- Forskjøvet eksponentialfordeling.
- Gammafordeling.
- Erlangfordeling.
- Log-normalfordeling.

Eksponentialfordelingen tar utgangspunkt i at alle kjøretøyene kommer uavhengig av når kjøretøyet foran kommer. En ulempe med eksponentialfordelingen er at fordelingen overestimerer antallet ekstremt små og urealistiske tidsluker. Dermed er det mye mer vanlig å benytte en forskjøvet eksponentialfordeling hvor det er lagt inn en minste tidsluke [10]. Denne minste tidsluke skal fjerne muligheten for de urealistiske tidslukene.

I tillegg er det mulig å dele opp trafikkstrømmen i frie kjøretøy, og kjøretøy som er samlet i klynger og som derfor blir påvirket av hverandre. Disse kan igjen få forskjellige fordelinger for å beskrive best mulig spredningen av tidsluker.

2.1.3 Bilfølgemodeller

En av de fundamentale interaksjonene som forgår i mikrosimuleringer er interaksjonen mellom to kjøretøy i samme kjørefelt er mellom et leder- og forfølgerpar. Denne interaksjonen er beskrevet av bilfølgemodellen som blir benyttet. Klassifiseringen av modellen kan klassifiseres etter hvilken logikk som ligger bak. Fire eksempler på typer av bilfølgemodeller er [11]:

1. GHR-modeller (Gazis-Herman-Rothery):
 - Kjøretøy bak bestemmer akselerasjon på grunnlag av hastighetsforskjell og følsomhetsfaktor.
 - Kan ha ulike modeller for hastighet og retardasjon.
2. Modeller basert på sikkerhetsavstand:
 - Tar utgangspunkt i sikker avstand for å unngå kollisjon.
 - Benytter Newtons lover for bevegelse.
 - Eksempler: Gipps modell og Aimsuns bilfølgemodell.
3. Psykofysiske modeller / terskelmodeller:
 - Må være en viss størrelse på en verdi før dette fører til en reaksjon.

- Kan ofte framstilles i et diagram med relativ avstand på y-aksen og relativ hastighet på x-aksen.
4. Modeller basert på fuzzy logic:
- Tar utgangspunkt i et sett av regler for å definere når en skal utføre handlinger.
 - Setter opp betingelser, for eksempel å definere en hendelse som ”for nærme kjøretøyet foran”.
 - Reglene kan overlape hverandre og det benyttes en sannsynlighetsfordeling for ulike beslutninger.
 - Kan kombineres med andre modeller.

Felles for samtlige bilfølgemodeller er at de er alle beskrevet av differentiaalligninger som gir posisjonen og hastigheten til et kjøretøy til enhver tid.

De forskjellige mikrosimuleringsverktøyene benytter seg av forskjellige bilfølgemodeller, og ofte egne versjoner av innen for hver klassifisering. Et studie av Olstam og Tapani [12] gjort i 2004 forsøker å sammenligne bilfølgemodellen i fire mikrosimuleringsverktøy, der i blant Aimsun. Studien konkluderer med at selv om antall parametre og hva parametrene beskriver er veldig forskjellig mellom modellverktøyene, er resultatene mellom et forfølger- og lederpar i bilfølgemodellene noenlunde like.

2.1.4 Kø og forsinkelse

Når en skal beskrive trafikkavviklingen er det mange variabler en kan benytte seg av. I kryss er kø og forsinkelser to slike variabler som skal ses på nærmere. Køteori kan benyttes til å finne verdier til for eksempel forsinkelse. Forsinkelse i trafikk gjennom et kryss er delt inn i to deler. Forsinkelse forårsaket av annen trafikk og geometrisk forsinkelse. En ser også på forsinkelsene som oppstår på grunn av et kryss ved å se på forsinkelsene som forplanter seg oppstrøms.

Sammenhengen mellom forsinkelse og kø i vikepliktsregulerte kryss kan forklares med Little's Law som ble bevist av John Little i 1961 [13]. Om L er gjennomsnittlig antall kunder i systemet, W er gjennomsnittlig ventetid og λ er ankomst frekvens, er sammenhengen mellom disse:

$$L = \lambda \cdot W \Rightarrow W = \frac{L}{\lambda} \quad (2.3)$$

Oversatt til trafikkavvikling betyr det at gjennomsnittlig kølengde er lik trafikketterspørselen multiplisert med gjennomsnittlig forsinkelse. Med andre ord kan en først ved å registrere kølengder finne den totale forsinkelsen for kjøretøyene (ligning 2.4). Deretter kan en finne den gjennomsnittlige forsinkelsen ved å benytte registrert trafikk (ligning 2.5) på en strekning.

$$D = \int_0^T l_{kø}(t) dt \quad (2.4)$$

hvor:

- D er totale forsinkelser for alle kjøretøyene i perioden T .
- T er tidsperioden.
- $l_{kø}(t)$ er kølengden ved tiden t .

$$d = \frac{D}{q_n} \quad (2.5)$$

hvor:

- d er gjennomsnittlige forsinkelser.
- q_n er antall ankommet kjøretøy i trafikkstrømmen uten prioritet.

2.2 Aimsun

Aimsun er en programvare med integrerte transportmodeller som er utviklet og markedsført av TSS (Transport Simulation Systems) som har hovedbase i Spania. Siste offisielt utgitte versjon av programvaren er versjon 8.0.8, men versjonen benyttet i denne oppgaven er en betaversjon av Aimsun 8.1. Programvaren har mulighet til å gjøre modelleringer på makro-, meso- og mikronivå i samme programvare i tillegg til å kunne gjøre hybrid meso-mikrosimuleringer. Det er også mulig å simulere hvordan kjøretøy og myke trafikkanter samhandler gjennom Legion for Aimsun. Legion for Aimsun er utviklet av Legion, men er en integrert del av programvaren til Aimsun som en såkalt ”plug-in”.

Aimsun 8 ble lansert mai 2013 og med denne versjonen kom det nye og forbedrede funksjoner. De nye funksjonene har hovedsakelig med makromodellering å gjøre, som for eksempel im-

plementering av en firetrinns-modell for etterspørsel av trafikk. Dette kan sees på som et steg på vegen til å gjøre Aimsun til en komplett programvare som kan benyttes i alle nivåer og deler i trafikmodellering; fra makro, via meso, til mikronivå.

Foreløpig blir Aimsun hovedsaklig benyttet som et mikrosimuleringsverktøy i Norge, men programmet har mulighet til å utføre trafikoperasjoner med stort spenn i kompleksitet og skala. Under følger noen eksempler på hva Aimsun kan bli benyttet til [14]:

- Vurdering og optimalisering av signalprioritering og bussprioritering
- Gjennomførbarhetsstudier av kollektivfelt/miljøfelt og andre restriksjoner på kjørefelt
- Analysere innvirkninger av nye eller forbedrete vegstrekninger
- Analysere miljøpåvirkninger
- Veg- og køprising
- Evaluering trafikreduserende tiltak
- Optimalisering av signalanlegg og evaluering av adaptiv signalstyring
- Sikkerhetsanalyser
- Analysere innvirkninger av intelligente transportsystemer (ITS)

2.2.1 Nettverkselementer

For å gjøre mikrosimuleringer i Aimsun trenger man et nettverk å gjøre simuleringen i. Dette nettverket er bygget opp av lenker som er knyttet sammen av noder. Sentroider som genererer og tiltrekker seg trafikk er plassert i alle de løse endene i nettverket som vist på figur 2.4. Nettverket kan tegnes for fri hånd eller over en skalajustert bildefil, et ortofoto, autocadfiler eller andre filer som kan importeres inn i Aimsun som grunnlag.

Lenke

En lenke er ett eller flere kontinuerlige kjørefelt hvor kjøretøy beveger seg i samme retning. Lenkene er knyttet sammen av noder. Bevegelsesretningen for kjøretøyene definerer hva som er starten, slutten, til høyre og til venstre for lenkene. Kjørefeltene på en lenke er identifisert med et nummer (fra kjørefelt 1 til n) som går fra venstre mot høyre i lenken. Eventuelle svingefelt blir også telt med [15].

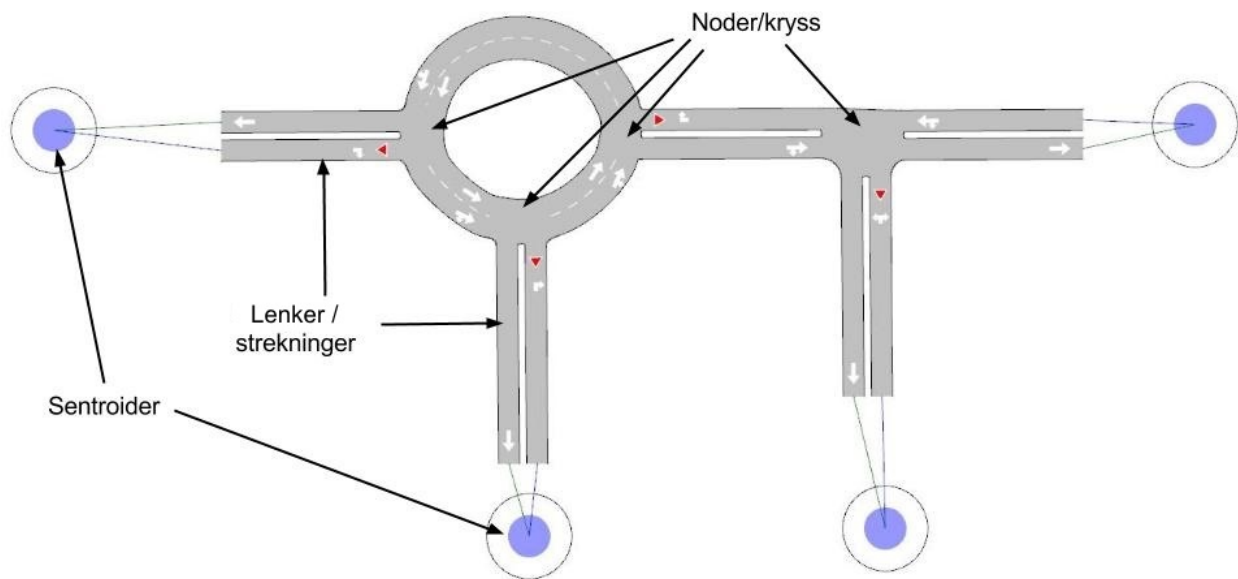
Lenkenes geometri kan forandres etter eget ønske og det er stor fleksibilitet i hva du kan

gjøre. Lengde, bredde og kurvatur kan tilpasses etter eget ønske. I tillegg til geometri kan en også forandre andre egenskaper ved lenkene som for eksempel maksimal hastighet, kapasitet og reservere kjørefelt for enkelte kjøretøytyper.

Kryss/node

En node er et punkt eller et område i nettverket hvor kjøretøy endrer retning og/eller sprer seg i nettverket. Altså har noder minst en lenke hvor kjøretøy kommer fra og minst en lenke hvor kjøretøyene forlater noden. Det finnes to typer noder; kryssnoder (junction nodes) og forbundet noder (join nodes). Hovedforskjellen mellom disse er at kryssnoder har et område mellom lenkene som er knyttet sammen [15]. I denne oppgaven vil alle videre benevnelser av noder si det samme som kryssnoder.

Til kryssnodene må man angi svingebevegelser og oppgi regler for prioritet og avvikling. Det vil si at det er her en kan bestemme om et kryss skal være vikepliktsregulert, signalregulert osv. Stopplinjer og signalgrupper bestemmes også i nodene.



Figur 2.4: Aimsun-nettverk med noder, lenker og sentroider.

OD-matriser og trafikktilstander

Trafikken i et nettverk kan legges inn på to måter. Enten ved å legge inn trafikkvolumet i endene av nettverket i tillegg til svingebevegelser for hvert kryss. Eller benytte seg av OD-matriser, som definerer et startpunkt og et slutt punkt (sentrioder) for en reise.

Når data for trafikkvolumene og svingeandeler legges inn i modellen er det viktig å passe på at tidspunktene og tidsoppløsningen er like som i modellen. Akkurat hvilken tidsoppløsning og hvilke tidspunkt man skal benytte under modelleringen er avhengig av hvilke datasett man har og hvilke mål man har med modelleringen. I tillegg er det muligheter for å legge inn trafikkvolum og svingeandeler basert på kjøretøy typer. Det vil si at i en modell kan det ligge mange trafikkvolumer og/eller svingeandeler for både forskjellige tidspunkt og for forskjellige kjøretøytyper.

Sentroider (sone)

Sentroider er de sonene utenfor nettverket hvor trafikk tiltrekkes og genereres. Det er i disse sonene eller sentroidene turer starter eller ender, og det er dermed disse som blir benyttet som startpunkt og endepunkt i OD-matrisene. OD-matrisene angir trafikkvolumet mellom de forskjellige sentroidene under et gitt tidsrom.

Detektor

Detektorer er målepunkt som kan plasseres hvor som helst på en lenke. De kan være i forskjellige lengder og dekke ett eller flere kjørefelt. Oppgaven til detektorer er å gjøre målinger av kjøretøy som passerer detektoren. En kan måle blant annet hastighet, tetthet, tidsluker (front-front) i tillegg tellinger. Detektorene skiller også på de ulike kjøretøytypene.

Bruksområdene for disse detektorene er mange. Blant annet kan man benytte dem triggere for at en tilstand i trafikken skal inntreffe, eller til å lage kjøretøystyrte signalplaner. En kan også legge ut detektorer på punkter som er av spesiell interesse, for å få spesifikk data om akkurat det gitte punktet.

Andre nettverkselementer

Det finnes en rekke andre elementer som kan legges inn i nettverkene for å forme de slik man vil. Eksempler på andre viktige elementer er kjøretøytyper, signalkontrollplaner, kollektivlinjer og kollektivplaner, fotgjengeroverganger, 3D-figurer osv.

2.2.2 Modellering av kryss

Kryssene i Aimsun blir som tidligere forklart modellert som noder. Det er i disse nodene en kan legge in regler for hvordan trafikkavviklingen skal foregå, og det er dermed disse reglene som bestemmer hvilken type kryss det er. Det finnes ingen egne regler for hvordan kjøretøy skal oppføre seg i en rundkjøring, men i stede gjelder de samme reglene som i en serie med vikepliktsregulerte t-kryss. Dermed kan en hovedsakelig dele opp kryssene i to kategorier; ikke-signalregulerte kryss og signalregulerte kryss.

Ikke-signalregulerte kryss

Kryss som ikke blir regulert av lyssignaler har likevel ulike typer regler som skal gi prioritet og hindre konflikter som kan oppstå. I forskriften for kjørende og gående (trafikkregler) står det følgende [16]:

§7. Vikeplikt

2. Kjørende har vikeplikt for kjøretøy som kommer fra høyre. Det samme gjelder når kjørende som vil svinge til venstre, vil få kjøretøy på sin høyre side.

Videre står det også:

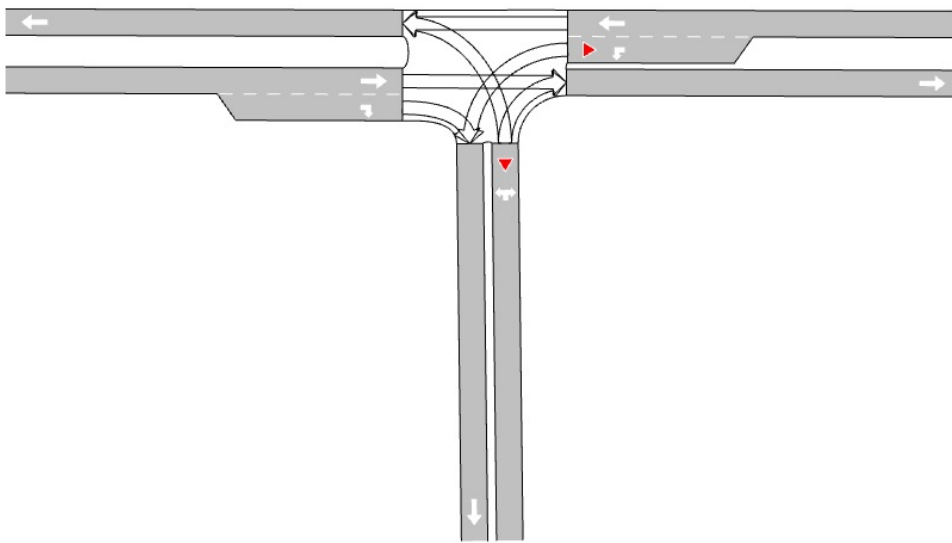
§3. Anvisninger

1. Anvisning gitt ved trafikklyssignal, offentlig trafikkskilt eller oppmerking på veg gjelder foran trafikkreglene.

Disse reglene er ikke automatisk lagt inn i nodene, men må legges inn manuelt for hver enkelt svingebevegelse.

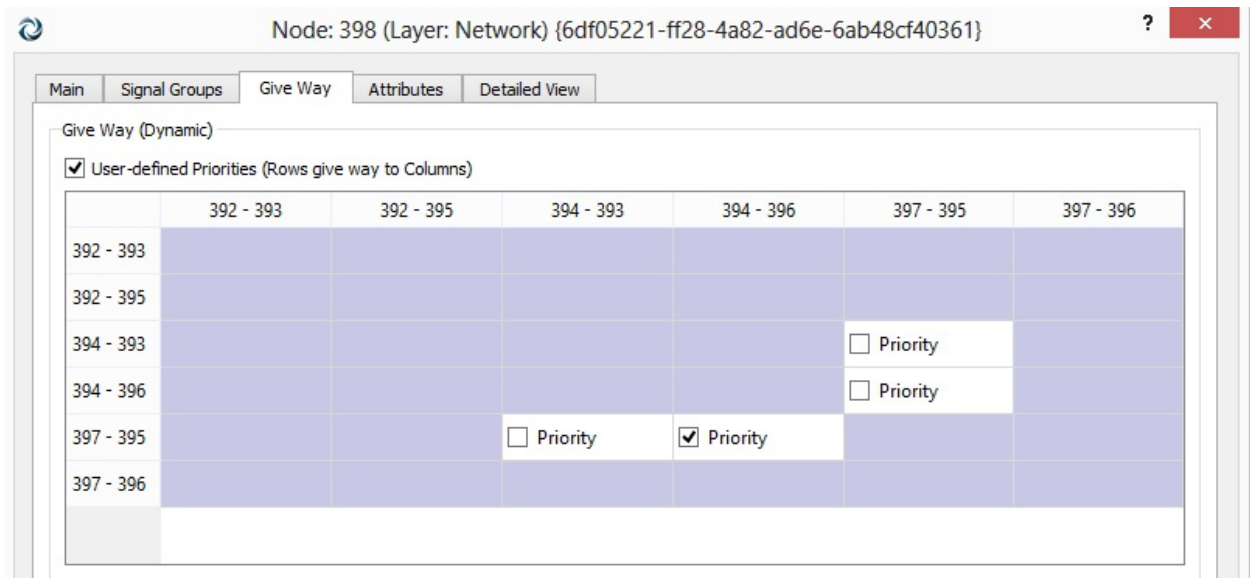
Om en ser for seg et enkelt t-kryss med tillatte svingebevegelser som vist i figur 2.5, er det hovedsakelig tre muligheter man har for hver tillatte svingebevegelse. Ingen regulering,

vikeplikt og stopplikt (i tillegg til RTOR - "right turn on red" som gjelder signalregulering). Med ingen regulering vil kjøretøyene kjøre gjennom krysset uten noe hensyn til annen trafikk. Dersom en velger vikeplikt eller stopplikt for noen svingebevegelser vil kjøretøyene vike for andre kjøretøy som har svingebevegelser som gjør at de kan komme i konflikt. Forskjellen mellom stopp- og vikeplikt er at ved stopp må kjøretøyene stoppe ved stopplinjen før det kan kjøre videre inn i krysset. Det er også når kjøretøyet har stoppet at det vurderer om det kan kjøre. Dersom det er vikeplikt vil kjøretøyet vurdere om det kan kjøre fra det er inne i siktsonen til vikeplikt (som er forklart senere).



Figur 2.5: T-kryss med tillatte svingebevegelser.

To svingebevegelser med vikeplikt kan også komme i konflikt med hverandre. Dermed må man angi hvilke av disse som får prioritet. Dette gjøres manuelt i Aimsun som vi ser på figur 2.6.

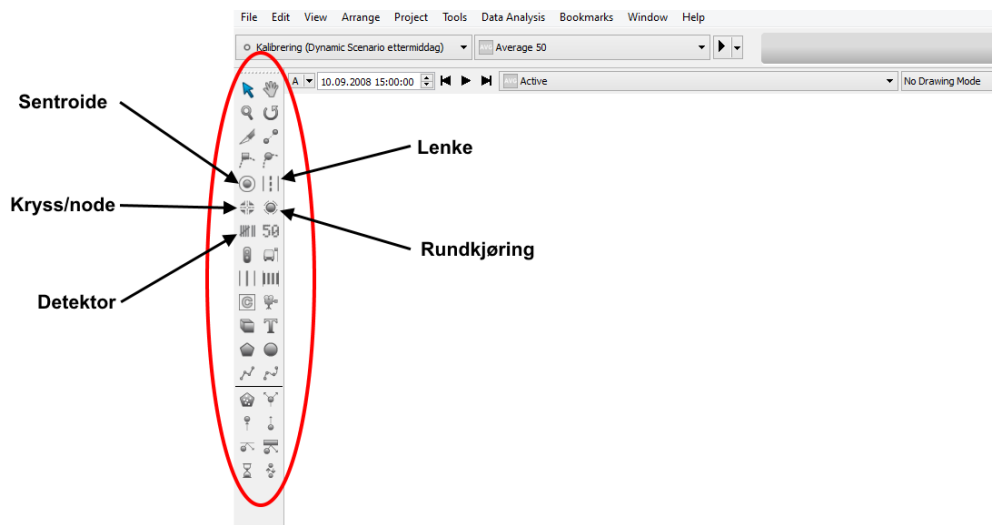


Figur 2.6: Skjermbilde av hvordan en gir prioritet til svingebevegelser med konflikt i en node.

Ved å huke av for boksen som er kalt "yellow box" vil noden få en gul farge. Kjøretøyene vil da ikke kjøre forbi stopplinjen dersom noden allerede er okkupert av andre kjøretøy som kjører under en gitt hastighet. Denne "yellow box"-hastigheten kan brukeren selv bestemme.

Det er også mulig å flytte på stopplinjene slik at kjøretøyene for eksempel kjører litt inn på noden før det stopper, noe som er vanlig å gjøre dersom det er plass til det i den virkelige verden.

Til tross for at det finnes en funksjon for å lage rundkjøringer i grensesnittet til Aimsun (figur 2.7) er dette kun et hjelpemiddel som lager en sirkel med et gitt antall lenker og noder for deg der du vil ha dem. I prinsippet er det ikke noe forskjell om en lager rundkjøringer på denne måten eller om en bygger de opp fra grunnen av med å lage lenkene og nodene selv. De samme reglene som gjelder for vikepliktsregulerte t-kryss gjelder også for rundkjøringer. Uansett hvordan rundkjøringen blir modellert må den testes gjennom kalibrering og validering i tillegg til å se i animasjonene om kjøretøyene faktisk oppfører seg på en fornuftig måte i rundkjøringen.



Figur 2.7: Skjerm bilde av verktøylinja i Aimsun, med noen utvalgte funksjoner.

Signalregulerte kryss

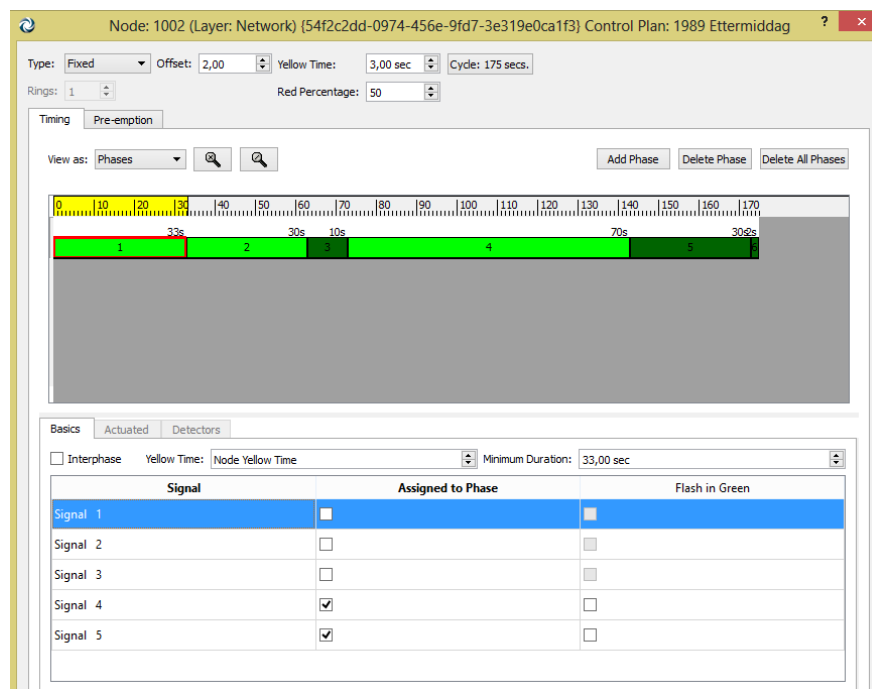
De samme valgene som man kan gjøre for ikke-signalregulerte kryss, kan man også gjøre for signalregulerte kryss. Det vil si at du fortsatt må styre hvem som skal ha prioritet, dersom man har svingebevegelser med konflikter som har grønt samtidig. I tillegg til disse valgene må en sette opp det som Aimsun kaller for signalgrupper. Det er disse som det er mulig å velge av når man skal angi svingebevegelser til de forskjellige fasene i faseplanene. Det kan derfor være lurt å legge svingebevegelser som skal ha samme lyssignal i samme signalgruppe. I signalgruppene kan man også velge om signalgruppen skal gjelde for alle kjøretøytyper, eller kun én kjøretøytype. Et eksempel på en faseplan i Aimsun er vist i figur 2.8.

Signalgruppene og prioritet hører under innstillingene for hver node. Når faseplanene skal lages gjøres dette med en kontrollplan (control plan) i "Control"-menyen i Aimsun. I kontrollplanen vil man få en liste med alle kryssene i nettverket opp i tillegg til at man her må velge for hvilket tidspunkt kontrollplanen skal gjelde fra. Ved å klikke seg inn på hvert kryss er det mulighet til å bestemme hvordan krysset skal reguleres [15]:

- Uspesifisert: Standardvalg dersom noden ikke har angitt noen kontrollplan.
- Ukontrollert: Noden er ikke signalregulert (om det er signalanlegg er det ikke tilkoblet).
- Tidsstyrt: Forskjellige tidsstyrte faseplaner som kan benyttes til forskjellige tidspunkt.
- Trafikkstyrt: Trafikkstyringssystem bestemmer grøntider og omløpstid.

- Ekstern: Tidsstyrt system med mulighet til å kombinere med et eksternt styringssystem.

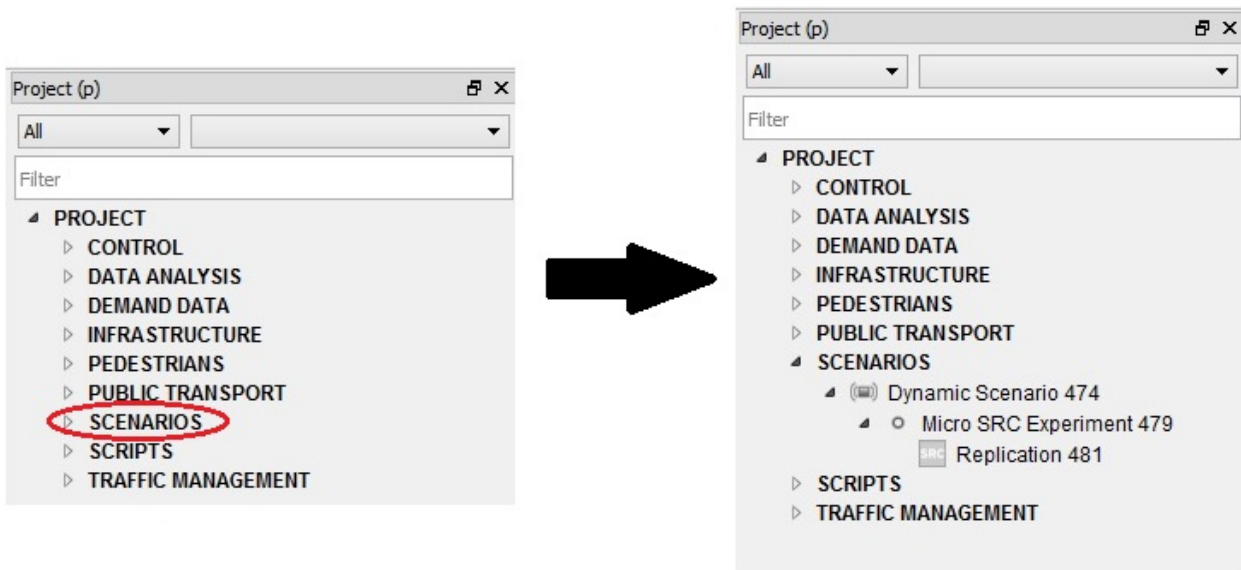
Faseplanene settes så opp for de kryssene hvor signalregulering ønskes. I faseplanene er det mulig å justere mange parametre før å få en virkelighetsnær faseplan. Eksempler på parametre som kan endres er grøntid, gultid, omløpstid (for trafikkstyrt: maksimal/minimum), mellomfaser, mm. Om signalanlegget er satt til å være trafikkstyrt har også for eksempel detektorer innflytelse på hvordan trafikkavviklingen i signalanlegget forløper seg.



Figur 2.8: Eksempel på en faseplan i Aimsun.

2.2.3 Mikrosimulering

Når et nettverk med nettverkselementer er bygget opp og trafikkdata er lagt inn, enten i form av OD-matriser eller som trafikktilstander, kan modellen simuleres. Aimsun er bygget opp slik at man starter med en prosjektfil som vist i figur 2.9. For å kjøre en mikrosimulering må det minst opprettes et dynamisk scenario, et mikrosimuleringseksperiment og en replikasjon. Hvert scenario kan ha flere eksperimenter, og hvert eksperiment kan ha flere replikasjoner.



Figur 2.9: En prosjektmappe i Aimsun med dynamisk scenario, eksperiment og replikasjon.

I det dynamiske scenarioet henter man inn blant annet trafikketterspørsmål, kollektivtransport og signalplaner som skal benyttes videre. Videre kan man legge inn hendelser som påvirker trafikkbildet. Det er også mulig å legge inn et datasatt fra den virkelige verden som simuleringsresultatene skal valideres mot.

Neste nivå under dynamisk scenario er eksperiment. Et scenario kan ha flere eksperiment, men ulike innstillinger. Eksperimentet er mer knyttet opp mot kjøretøyoppførsel og her kan man endre flere parametre som går på dette. For eksempel reaksjonstider, rutevalg, hvilken fordeling det skal være på tidslukene for kjøretøyene som kommer inn i nettverket osv. Det er også her det legges til "oppvarmingstrafikk" i nettverket før resultater samles.

Under hvert eksperiment opprettes replikasjoner. Det er i replikasjonene selve simuleringen gjøres. Hver replikasjon er gitt en "random seed", eller et tilfeldig tall. Hvert slik tall gjør at noe forandres i simuleringen slik og ingen forandringer er like for de forskjellige tilfeldige tallene. På denne måten får man simulert tilfeldigheter som også oppstår i trafikken i den virkelige verden, som for eksempel dag til dag variasjoner. Det er viktig å ha så mange replikasjoner at gjennomsnittresultatet til slutt blir statistisk signifikant.

2.2.4 Atferdsmodeller for mikrosimulering

Under en mikrosimulering er det flere modeller som beregner hvordan et kjøretøy vil oppføre seg under simuleringen. Hovedsakelig går disse ut på å forklare hvordan et kjøretøy forholder seg andre kjøretøy innenfor et gitt område. Eventuelt hvordan kjøretøyet vil oppføre seg om det ikke er andre kjøretøy i nærheten som vil påvirke beslutningene som kjøretøyet tar.

Modellene og parametrene som er beskrevet videre i denne oppgaven er beskrevet etter hvordan manualen for dynamisk simulering i Aimsun [17] beskriver dem.

Bilfølgemodellen

I Aimsun er det flere bilfølgemodeller ettersom hvilken situasjon det aktuelle kjøretøyet befinner seg. Et kjøretøy som kjører etter et annet på en veg uten mulighet til å kjøre forbi, vil oppføre seg annerledes enn om det hadde kjørt alene på den samme strekningen. Likeledes vil et kjøretøy med et kjørefelt med trafikk i samme retning parallelt bli påvirket av kjøretøy i det parallelle kjørefeltet. Bilfølgemodellen i Aimsun er en modell basert på sikker avstand og er en videreutvikling av Peter G. Gipps modell som ble utviklet på slutten av 1970-tallet [17].

I manualen for dynamisk simulering i Aimsun vises det først til hvordan den maksimale hastigheten et kjøretøy (n) kan akselerere til perioden $(t, t + T)$ er gitt ved:

$$V_a(n, t + T) = V(n, t) + 2,5a(n)T \left(1 - \frac{V(n, t)}{V^*(n)}\right) \sqrt{0,025 + \frac{V(n, t)}{V^*(n)}} \quad (2.6)$$

hvor:

- $V(n, t)$ er hastigheten til kjøretøy n ved tiden t .
- $V^*(n)$ er ønsket hastighet til kjøretøy n på den nåværende lenken.
- $a(n)$ er maksimal akselerasjon for kjøretøy n .
- T er reaksjonstiden.

Dersom kjøretøyet n er påvirket av kjøretøyet foran, $n-1$, vil hastigheten være gitt av ligningen:

$$V_b(n, t + T) = d(n)T + \sqrt{d(n)^2T^2 - d(n) \left[2 \{x(n-1, t) - s(n-1) - x(n, t)T\} - V(n, t)T - \frac{V(n-1, 1)^2}{d'(n-1)} \right]} \quad (2.7)$$

hvor:

- $d(n)$ er maksimal ønsket retardasjon for kjøretøy n (må være større enn null).
- $x(n, t)$ er posisjonen til kjøretøy n ved tiden t.
- $x(n-1, t)$ er posisjonen til det førende kjøretøyet n-1 ved tiden t.
- $s(n-1)$ er den effektive lengden av kjøretøy n-1.
- $d'(n-1)$ er et estimat på ønsket retardasjon for kjøretøy n-1.

Den faktiske hastigheten til kjøretøy n i tidsintervallet $(t, t+T)$ er den minste hastigheten at de to definerte hastighetene i ligning 2.6 og 2.7:

$$V(n, t + T) = \min \{V_a(n, t + T), V_b(n, t + T)\} \quad (2.8)$$

Posisjon til kjøretøy n i sitt nåværende kjørefelt vil da oppdateres med hastigheten i følgende posisjonsligning:

$$x(n, t + T) = x(n, t) + V(n, t + T)T \quad (2.9)$$

Estimeringen av det ledende kjøretøyets retardasjon er gitt av en funksjon med en sensitivitetsfaktor, α . Når α er mindre enn én vil kjøretøy n undervurdere retardasjonen til det ledende kjøretøye og vil dermed minke tidsluken (front-bak) mellom de to kjøretøyene. Motsatt vil tidsluken øke dersom α er større enn én. Dette er beskrevet i ligning 2.10:

$$d'(n-1) = d(n-1)^*\alpha \quad (2.10)$$

I modellen er det inkludert en minste tidsluke (front-front) mellom det ledende kjøretøyet og kjøretøyet som følger etter, som en restriksjon av retardasjonskomponenten. Restriksjonen

blir gitt før oppdateringene av posisjon og hastighet, altså før ligning 2.9, og har følgende algoritme:

Hvis

$$x(n-1, t+T) - [x(n, t) + V(n, t+T)T] < V(n, t+T) \cdot MinHW(n),$$

da er

$$V(n, t+T) = \frac{x(n-1, t+T) - x(n, t)}{MinHW(n) + T},$$

hvor:

- $x(n, t)$ er posisjonen til kjøretøy n ved tiden t.
- $x(n-1, t)$ er posisjonen til det ledende kjøretøyet n-1 ved tiden t.
- $MinHW(n)$ er minste tidsluke (front-front) for kjøretøy n.

Når et kjøretøy uten noen hindring foran seg er på en lenke eller i en sving i et nettverk vil kjøretøyet forsøke å kjøre i sin ønskede maksimale hastighet. Tre parametre spiller inn når maksimal ønsket hastighet skal beregnes på en lenke eller i en sving:

1. Maksimal ønsket hastighet for kjøretøy i: $v_{maks}(i)$
2. Villighet til å overholde en fartsgrense for kjøretøy i: $\theta(i)$
3. Fartsgrense på lenken/svingen s: $S_{limit}(s)$

Fartsnivået ($s_{limit}(i, s)$) for kjøretøy i på en lenke eller i en sving s, er beregnet av følgende ligning:

$$s_{limit}(i, s) = S_{limit}(s) \cdot \theta(i) \tag{2.11}$$

Derav er den ønskede maksimale hastigheten ($v_{maks}(i, s)$) til kjøretøy i på en lenke eller i en sving s, gitt som:

$$v_{maks}(i, s) = MIN [s_{limit}(i, s), v_{maks}(i)] \tag{2.12}$$

Denne ønskede maksimale hastigheten tilsvarer hastigheten $V^*(n)$, som inngår i ligningen 2.6.

Bilfølgemodellen for flere kjørefelt

Bilfølgemodellen som er beskrevet tidligere beskriver kun situasjoner der kjøretøy blir påvirket av kjøretøy i samme kjørefelt som seg selv. Denne modellen tar ikke hensyn til hva som skjer i parallelle kjørefelt som har samme kjøreretning. For eksempel vil et kjøretøy som kjører på en strekning bli påvirket av kjøretøy som holder en lavere hastighet i kjørefeltet til høyre for seg. Bilfølgemodellen for flere kjørefelt bestemmer en ny ønsket maksimal hastighet for et kjøretøy på strekningen, som så vil bli brukt i den vanlige bilfølgemodellen. Denne oppgaven vil ikke gå videre inn i detaljene for hvordan bilfølgemodellen for flere kjørefelt fungerer.

Modell for kjørefeltbytte

Som med bilfølgemodellen er modellen for kjørefeltbytte også en videreutvikling av en av Gipps modeller. Modellen er en beslutningsprosess som analyserer nødvendigheten for kjørefeltbytte, hvor ønskelig det er å bytte kjørefelt og hvor gjennomførbart kjørefeltbyttet er. I denne modellen ligger det andre modeller som har en direkte innvirkning på når og hvor kjøretøy bytter felt. Blant annet finnes det en vikepliktsmodell for feltskifte (gap acceptance modell), en forbikjøringsmodell for envegs-trafikk i tillegg til en modell som beskriver hvordan kjøretøyene leter etter luker de kan bytte felt i, og hvordan de samarbeider med kjøretøyene i det andre feltet for å kunne benytte seg av disse lukene. Det finnes også en forbikjøringsmodell for tofeltsveger med tovegs-trafikk.

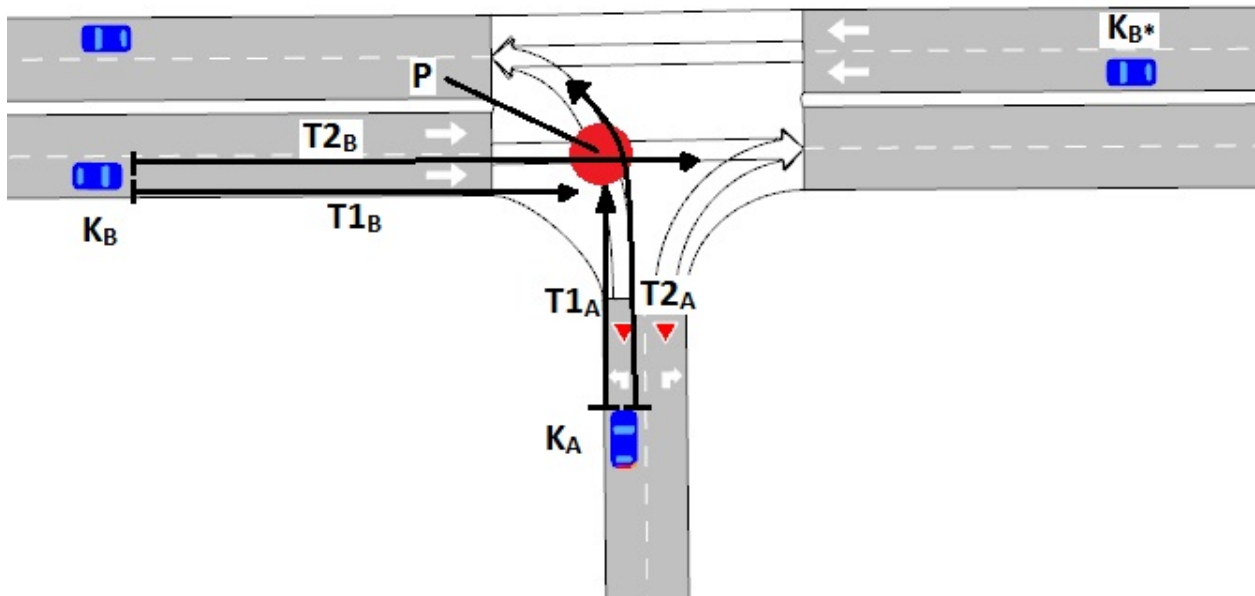
Vikepliktsmodell

På engelsk er denne modellen kalt "Gap-acceptance model: Give way behaviour", og er en modell som beskriver om kjøretøy uten prioritet som nærmer seg kryss vil stoppe eller kjøre inn i krysset. Kjøretøy uten prioritet som nærmer seg et slikt kryss vil lete etter akseptable luker i trafikken med prioritet, og gjør et valg deretter. Algoritmen som bestemmer dette i Aimsun er beskrevet slik:

Et kjøretøy, K_A , nærmer seg et vikepliktsregulert kryss som vist i figur 2.10:

1. Finn nærmeste kjøretøy med høyere prioritet, K_B .
2. Fastslå teoretisk kollisjonspunkt, P .
3. Regn ut tiden T_{1A} som K_A trenger for å nå P .

4. Regn ut den estimerte tiden $T1_B$ som K_B trenger for å nå P .
5. Regn ut tiden $T2_A$ som K_A trenger for å krysse P .
6. Regn ut den estimerte tiden $T2_B$ som K_B trenger for å krysse P .
7. Hvis $T2_A$ (pluss sikkerhetsmarginen) er mindre enn $T1_B$, vil kjøretøy K_A ha nok tid til å krysse P og derfor akselerere ut i krysset.
8. Ellers, hvis $T2_B$ (pluss sikkerhetsmarginen) er mindre enn $T1_A$, vil kjøretøy K_B allerede ha krysset P når kjøretøy K_A når dette punktet. Da vil K_A finne det nest nærmeste kjøretøyet med høyere prioritet, K_{B^*} , og gå tilbake til steg 2.
9. Ellers, kjøretøy K_A må vike, retardere og stoppe om nødvendig.



Figur 2.10: Vikepliktsmodellen.

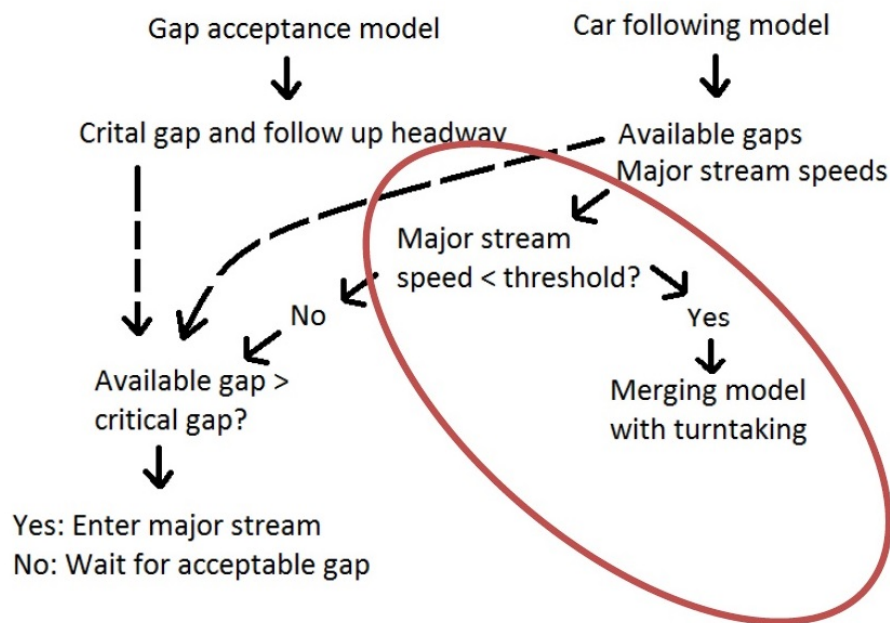
Kun kjøretøy med prioritet som også er innen for sikteavstanden for noden vil bli evaluert av kjøretøy med uten prioritet. Vikepliktsparametrene (som er beskrevet senere) er parametre som direkte påvirker vikepliktsmodellen, men også andre parametre påvirker kjøretøyatferd i vikepliktssituasjoner. Eksempler på dette er: svingehastighet, akselerasjon, ønsket hastighet og villighet til å overholde fartsgrensen.

Samarbeidsmodell

Å modellere situasjoner som er overbelastet med trafikk i vikepliktsregulerte kryss eller rundkjøringer i Aimsun med den nevnte vikepliktsmodellen (avsnitt 2.2.4) gir resultater som har store avstander til virkelighetens situasjon. Slike situasjoner kan oppstå regelmessig som ved rushperioder, eller ved uregelmessige situasjoner som trafikkulykker, store arrangementer, ekstremvær osv, og kan gi lange køer og store forsinkelser.

I versjon 8.1 av Aimsun er det laget en modell som er designet for slike situasjoner. Modellen er basert på ideer fra artikkelen "When Gap Acceptance Does Not Apply – A New Approach". Artikkelen er skrevet av Aakre, Casas og Lenorzer [18], og er benyttet for å beskrive samarbeidsmodellen videre.

Når trafikkvolumet er stort og hastigheten er lav oppstår det en nye regler i stede for den vanlige vikepliktsregelen, som observert ved Sluppen-området i Trondheim. I stede for tradisjonell vikeplikt vil kjøretøyene benytte seg av glidelåsfletting, altså annet hvert kjøretøy for hver tilfart kjører ut i kryssområdet. I dette området skjer denne flettingen tilnærmet et forhold på én til én.



Figur 2.11: En skjematisk framstilling av samarbeidsmodellen som en forlengelse av bilfølgemodellen og vikepliktsmodellen [18].

Videre tar samarbeidsmodellen utgangspunkt i vikepliktsmodellen og bilfølgemodellen, men vil ikke tas i bruk før en (eller flere) grenseverdier som er definert i modellen nås. Om det skal være en eller flere grenseverdier, og hvilken parameter som skal benyttes bestemmes selv. Modellen fungerer slik at et kjøretøy uten prioritet kommer inn i siktområdet for vikeplikt. Et prioritert kjøretøy som er innenfor siktområdet for vikeplikt, i tillegg til mulighet til å retardere bak det lavt prioriterte kjøretøyet blir identifisert. Dersom det prioriterte kjøretøyet ikke er samarbeidsvillig vil neste kjøretøy bli identifisert osv. Dette fortsetter enten til et samarbeidsvillig kjøretøy blir funnet, eller til siktområdet til de prioriterte kjøretøyene nås. Det prioriterte kjøretøyet som er samarbeidsvillig får dermed en bilfølgemodell for to biler; bilen som er ledende før krysset og med det kjøretøyet uten prioritet som vil bli det nye ledende kjøretøyet. En skjematisk framstilling av samarbeidsmodellen er vist i figur 2.11.

Til slutt beskriver artikkelen også muligheten til å ha forskjellig samarbeidsandel i kryssene. Dette er beskrevet som en prosentandel hvor 0 % er i praksis gjeninnføring av vikepliktsmodellen, og 100 % som gir én til én fletting av trafikkstrømmene.

2.2.5 Parametre som styrer trafikkavvikling

Bevegelser i mikrosimulering er som tidligere forklart hovedsakelig basert på de tre modellene: bilfølgemodellen, modellen for kjørefeltbytte og vikepliktsmodellen. Disse modellene er funksjoner av forskjellige parametre som kan gi kjøretøyene forskjellig oppførsel. Parametre som påvirker kjøreatferd er delt inn i tre kategorier av manualen for dynamisk simulering [17]: kjøretøy- og føreregenskaper, lokale parametre og globale nettverksparametre.

Noen parametre finnes på forskjellige nivåer. Dette gjelder spesielt noen lokale parametre som er variasjoner av globale parametre eller kjøretøy- og føreregenskaper. Dersom det er spesielle situasjoner i området som skal modelleres og gir utslag på trafikkavvikling er dette praktisk. For eksempel er det mulig å legge inn en justering i reaksjonstiden ved enkelte lenker eller noder, eller øke/minke akselerasjonen mm.

I denne oppgaven er parametrene som påvirker trafikkavvikling i kryss lagt mest vekt på og er listet opp i tabellen nedenfor under deres respektive kategorier (parametre som hovedsakelig går på valg av kjørefelt, rutevalg og forbikjøring er ikke tatt med). Vikepliktsparametrene som er en sentral del videre i denne oppgaven er beskrevet mer detaljert etter tabellen.

Globale parametre	Dette er en gruppe parametre som hører til atferdsmodeller som gjelder for <u>hele nettverket</u> til <u>enhver tid</u> .
<i>Oppdateringsintervall</i>	Dette er hvor ofte modellen (alle elementer og hendelser) blir oppdatert. Oppdateringsintervallet kan variere fra 0,1 til 1,5 sekunder.
<i>Reaksjonstid</i>	Tiden det tar for føreren av kjøretøyene å reagere til hastighetssendringer til kjøretøyet i front. Denne verdien kan enten være fastsatt til det samme som oppdateringsintervallet, eller variabel. Dersom reaksjonstiden er variabel er det mulig å definere en diskret sannsynlighetsfordeling for hver type kjøretøy. Variabel reaksjonstid må være et multiplum av oppdateringsintervallet.
<i>Reaksjonstid ved stopp og reaksjonstid ved signalanlegg</i>	I tillegg til den normale reaksjonstiden som gjelder når kjøretøyet er i bevegelse finnes det reaksjonsparametre som gjelder når kjøretøyene skal starte fra stillstand. Reaksjonstid ved signalanlegg er reaksjonstiden for det tar for det første kjøretøyet ved et signalanlegg å reagere på en startet grønn fase. Reaksjonstid ved stopp er reaksjonstiden er tiden det tar for et stoppet kjøretøy å reagere på akselerasjon til kjøretøyet foran seg. Reaksjonstid ved stopp har en stor innflytelse på hvordan køavviklingen og forsinkelser, og er derfor en god parameter til å kalibrere kø og forsinkelser i modellen.
<i>Inngangs- og utgangshastighet for kø</i>	Hastighetsgrensen for når kjøretøyene telles som stoppet, og dermed inngår i en kø. Og motsatt; hastighetsgrensen for når kjøretøyene har forlatt en kø og ikke lengre telles som stoppet. Disse parametrene påvirker ikke selve simuleringen, men gir andre resultater siden definisjonene for kø er forandret.

<i>Foredeling av tidsluker</i>	<p>I Aimsun har man muligheten til å velge hvordan fordeling til tidslukene til kjøretøyene som kommer inn på nettverket skal være. Det som er standard innstillingen i Aimsun er eksponentialfordeling, og det er denne som blir benyttet i de aller fleste tilfeller. Andre mulige fordelinger en kan velge er:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uniform-/ensartetfordeling. • Normalfordelt. • Konstante tidsluker. • ASAP - Så raskt som mulig etter hverandre. • Ekstern.
Lokale parametre	<p>Som navnet tilsier er dette parametre som gjelder over enkelte lenker eller noder. Det vil si at parametrene blir anvendt på kjøretøyene som befinner seg på disse stedene, og forsvinner i det kjøretøyene forlater lenken eller noden.</p>
<i>Fartsgrenser</i>	<p>Den maksimale tillatte hastigheten på en lenke eller i et kjørefelt. Egenskaper ved kjøretøy og fører avgjør til hvilken grad kjøretøyene faktisk følger disse fartsgrensene.</p>
<i>Helning</i>	<p>Påvirkningen en helning har på kjøretøyene er modellert som en økning eller minking av akselerasjons- og retardasjonsevnene til kjøretøyene.</p>
<i>Samarbeidsandel</i>	<p>Dersom samarbeidsmodellen er aktivert angir denne parameteren til hvilken grad kjøretøyene er samarbeidsvillige til å flette i vikepliktsregulerte kryss og rundkjøringer. Den samme parameteren gjelder for samarbeid av kjørefeltbytte.</p>
<i>Aggressivitet og bremseintensitet</i>	<p>Har sammenheng med modellen for kjørefeltbytte, men kan også påvirke samarbeidsmodellen noe.</p>
<i>Økt akselerasjon</i>	<p>En parameter som kan øke akselerasjonen til et kjøretøy fra ingenting til medium eller mye.</p>
<i>Ekstra reaksjonstid ved stopp og ved signalanlegg</i>	<p>Dette er parametre som legger til eller trekker fra reaksjonstid fra de globale parametrene. Disse parametrene er hjelpsomme ved kalibrering av køavvikling.</p>

<i>Svingehastighet og "yellow box"-hastighet</i>	<p>Svingehastigheten er den maksimale hastigheten som er tillatt for kjøretøy gjennom den aktuelle noden. Som for fartsgrenser på lenker er den faktiske hastigheten til et kjøretøy avhengig av egenskapene til kjøretøyet og føreren.</p> <p>Dersom noden er en "yellow box" er det også en parameter som angir hastighetsgrensen for når noden er "opptatt". Dersom et kjøretøy har en hastighet under denne grensen og befinner seg i noden vil ikke andre kjøretøy kjøre inn i noden. Om en vil deaktivere "yellow box" for kun en svingebevegelse kan man gjøre det ved å sette "yellow box"-hastigheten for den aktuelle bevegelsen til null.</p>
<i>Vikepliktsparemetrene</i>	<p>Disse parametrene inngår som en stor del av oppgaven og blir gått gjennom mer detaljert senere.</p>
Kjøretøy og føreregenskaper	<p>Parametrene i denne kategorien er definert for hver kjøretøytype. Aimsun er som tidligere sagt en stokastisk modell. Kjøretøy og føreregenskapene er gitt som sannsynlighetsfordelinger og dermed setter man innen for hver kjøretøytype gjennomsnittsverdier, men også standard avvik og minimum/maksimum verdier. Parametrene til hvert enkelt kjøretøy blir generert ut fra sannsynlighetsfordelingen.</p>
<i>Lengde (kjøretøy)</i>	<p>Angir lengden på kjøretøyene. Lengden har en direkte innvirkning på trafikkavviklingen.</p>
<i>Maksimal ønsket hastighet</i>	<p>Den største hastigheten en kjøretøytype kan ha uansett hvor i nettverket.</p>
<i>Villighet til å følge fartsgrensen</i>	<p>Denne parameteren er benyttet i bilfølgemodellen (avsnitt 2.2.4) som θ, og er med på å bestemme hastigheten for et kjøretøy på en lenke. En θ-verdi mindre enn én (og større enn null) betyr at kjøretøyet ønsker å kjøre lavere enn fartsgrensen, dersom θ er større enn én betyr det at kjøretøyet ønsker å kjøre raskere enn fartsgrensen.</p>
<i>Minste avstand</i>	<p>Minste avstand (bak-front) som et kjøretøy holder til kjøretøyet foran ved stopp.</p>

<i>Største vikeetid</i>	Denne parameteren bestemmer sammen med vikepliktsparametrene hvor lenge et kjøretøy skal stå ved et vikepliktskryss før det blir mer aggressiv og aksepterer mindre tidsluker.
<i>Maksimal akselerasjon</i>	Maksimal akselerasjon som kjøretøyet kan oppnå under alle typer omstendigheter.
<i>Normal retardasjon</i>	Maksimal retardasjon som kan benyttes under <u>normale</u> omstendigheter.
<i>Maksimal retardasjon</i>	Mest ekstreme retardasjon som et kjøretøy kan benytte seg av som nødbremsing før for eksempel en rød fase i signalregulerte kryss og lignende.
<i>Sensitivitetsfaktor</i>	Samme sensitivitetsfaktor (α) som blir benyttet i bilfølgemodellen. Den beskriver hvor følsomt et kjøretøy er for det førende kjøretøys retardasjon. Faktoren er beskrevet nærmere i avsnitt 2.2.4 under bilfølgemodellen.
<i>Minste tidsluke</i>	Som navnet forklarer bestemmes det en minste tidsluke (front-front) mellom et kjøretøy og kjøretøyet foran. Som forklart i bilfølgemodellen er dette en restriksjon til sensitivitetsfaktoren α .

Vikepliktsparametrene

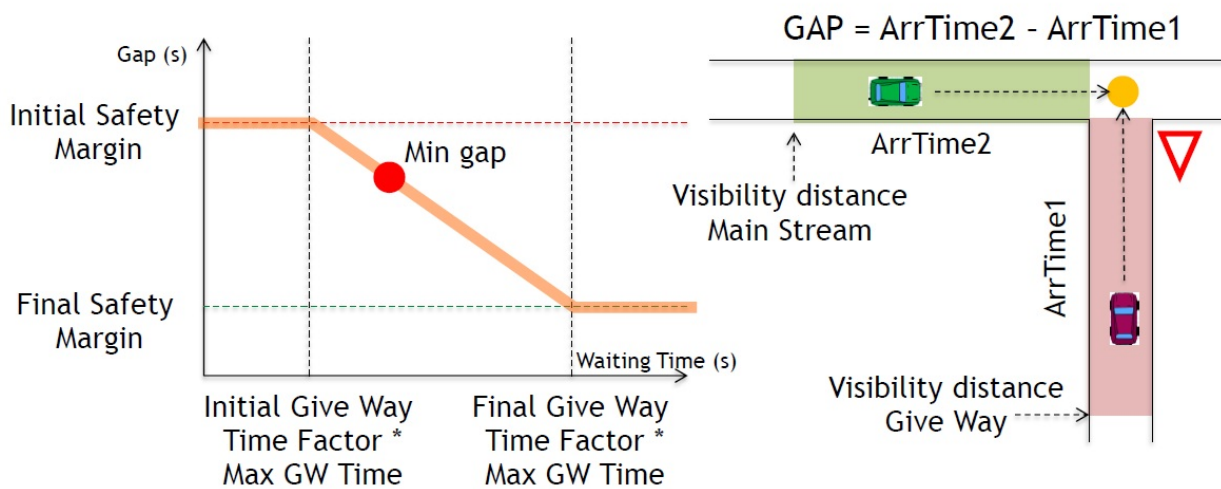
Det finnes tre grupper av parametre som påvirker vikeplikt.

Sikkerhetsmarginer

Den første gruppen tar for seg hvilken tidsluke (bak-front) som blir akseptert av kjøretøy uten prioritet. En parameter, første sikkerhetsmargin, angir den minste tidsluken et kjøretøy uten prioritet trenger i konfliktpunktet til nærmeste kjøretøy i den prioriterte trafikkstrømmen aksepterer når det akkurat er ankommet sonen i et vikepliktsregulert kryss. Neste parameteren, siste sikkerhetsmargin, angir den samme tidsluken kjøretøyet aksepterer etter å ha ventet en gitt tid ved krysset. I tiden mellom disse punktene synker sikkerhetsmarginen lineært (se figur 2.12).

Viketidsfaktorer

Den andre gruppen parametre er faktorer som, sammen med parameteren største vikeetid (kjøretøy- og føreregenskaper), angir tiden første sikkerhetsmargin benyttes og tiden mellom første og siste sikkerhetsmargin. Første vikepliktsfaktor multiplisert med største vikeetid for et kjøretøy angir tiden første sikkerhetsmargin gjelder. Siste vikepliktsfaktor multiplisert med største vikeetid for et kjøretøy angir tiden mellom første og siste sikkerhetsmargin. Dette er også illustrert i figur 2.12.



Figur 2.12: Vikepliktsparametrene: sikkerhetsmargin (eng: safety margin) og vikepliktsfaktor (eng: give way time factor) og siktavstand til vikeplikt (eng: visibility to give way) og siktavstand langs hovedveg (eng: visibility along main stream) [19].

Siktparametre

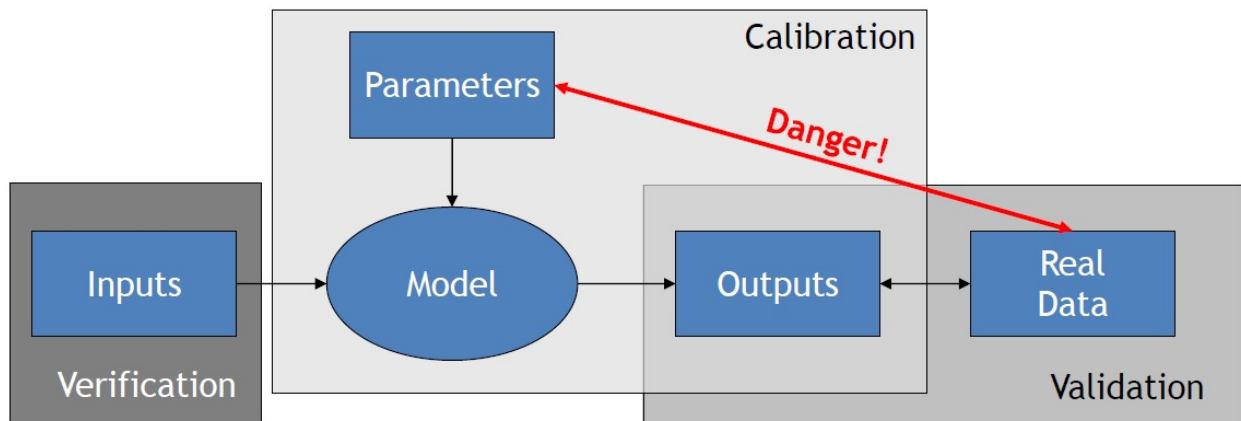
Den siste gruppen tar for seg når de simulerte kjøretøyene tar i bruk vikepliktsmodellen. En parameter, siktavstand til vikeplikt, angir hvilken avstand fra krysset til et kjøretøy uten prioritet vikepliktsmodellen skal gjelde. Den andre parameteren, siktavstand langs hovedveg, angir hvilken avstand til krysset kjøretøy langs hovedvegen skal tas hensyn til når et kjøretøy uten prioritet vurderer vikeplikten. Begge parameterverdiene er angitt i meter. I figur 2.12 er disse parametrene illustrert samt hvordan sikkerhetsmarginene blir beregnet ved hjelp av adkomsttider i konfliktpunktet.

2.3 Kalibrering og validering av simuleringsmodeller

En modell er som sagt aldri en ren refleksjon av virkeligheten, men en god modell er et godt verktøy til å gi kvantitative svar på de løsningene som modelleres. For at mikrosimuleringen skal være nyttig må den først gjennom tester i form av verifisering, kalibrering og validering for å gjøre modellen troverdig. Først må det forstås hva som menes med ordene:

- Verifisering er en sjekk for om programmet fungerer slik som den skal. Altså å sjekke at konseptet i modellen korrekt blir oversatt til et fungerende program [20].
- Kalibrering er prosessen med å tilpasse modellen best mulig til virkeligheten ved å justere modellens parametre [21].
- Validering er å bestemme om modellen er en presis nok representasjon av systemet som modelleres [20].

Prosesen med å kalibrere og validere en simuleringsmodell er en iterativ prosess. Validering av modellen er ikke noe som gjøres til sist, men en kontinuerlig prosess mellom hvert steg av modelloppbyggingen. Samtidig må en være forsiktig med å sammenligne inngangsparametrene i modellen med virkeligheten, det er de simulerte resultatene som skal valideres mot observert data (som vist på figur 2.13).



Figur 2.13: Verifisering, kalibrering og validering av en modell [19].

En modell er validert når kriterier som er satt på forhånd er oppfylte. Hvilke kriterier en skal benytte kommer an på hvordan nettverket en skal modellere er og hvilken data en har tilgjengelig. Et eksempel på kriterier for validering er:

1. Modellerte trafikkvolumer er innen for gitte grenseverdier av observerte trafikkvolumer.
2. Modellerte reisetider og hastigheter er tilsvarende de som er observert.
3. Modellerte reisemønster er realistiske i hele nettverket.

Disse kriteriene kan testes ut med forskjellige tester og ønskede verdier.

Når en sammenligner trafikkvolumer benytter en seg ofte av GEH-verdier. En GEH-verdi er en empirisk formel som er nyttig for trafikkanalyser. GEH benytter seg av timestrafikk og er gitt ved [22]:

$$GEH = \sqrt{\frac{2(m - c)^2}{m + c}} \quad (2.13)$$

hvor:

- m er trafikkvolumet i modellen gitt i timestrafikk.
- c er observert virkelig trafikkvolum gitt i timestrafikk.

GEH-verdier som er mindre enn fem er ansett som gode resultater. Kriteriet for trafikkvolumer kan for eksempel være at 95 % av målepunktene har GEH-verdier mindre enn fem.

Tester til reisetider og hastigheter i nettverket kan for eksempel være at modellerte reisetider skal være innen ± 15 % for 85 % av rutene, og modellert hastighetene innen for ± 10 km/t for hovedlenkene i nettverket.

Reisemønstrene må sjekkes på flere måter. For eksempel se på typiske reiser for OD-par, at de er realistiske. Se at kjøppbygging skjer der hvor det skjer i virkeligheten og sjekke visuelt at det ikke forekommer for mange urealistiske rutevalg og kjøretøybevegelser.

3 Metode og utførelse

Denne delen av oppgaven beskriver metodikk og utførelse for hvordan arbeidet med oppgaven er løst. Arbeidet med oppgaven er delt inn i fire deler:

- Opplæring
- Forarbeid
- Utførelse
- Etterarbeid

Opplæringsdelen består av ulike tester som er gjort under opplæringen i bruk av Aimsun som et modelleringsverktøy.

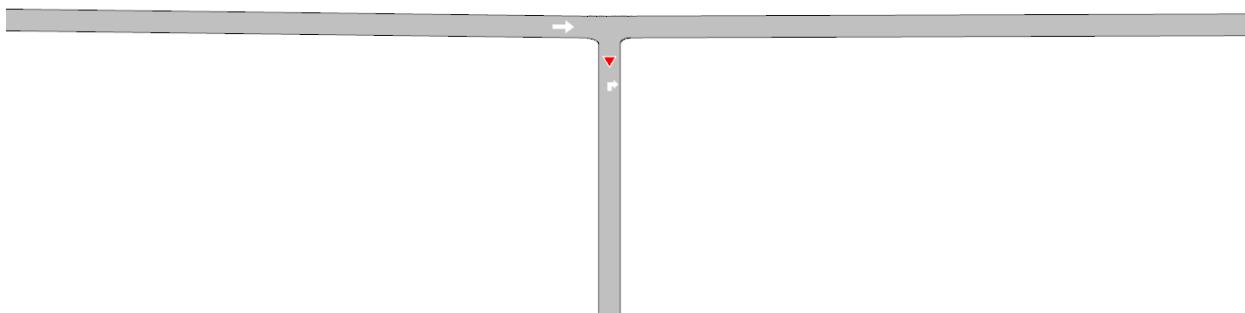
Forarbeidet er arbeidet som er gjort før utførelsen av forsøkene. Det vil si all arbeid med teori, opplæring i bruk av modelleringsverktøy, samt feltarbeid/registreringer og databehandling. Denne delen består også av å grovkalibrere modellene og begrunner valg som er gjort i forbindelse med forarbeidet.

Utførelsen er arbeidet består av uttesting av parametrene som tilhører vikeplikts- og samarbeidsmodellen. Delen består også av en finkalibrering av modellene for å finne optimale verdier for parametre som passer best til det observerte trafikkbildet, og det er begrunnet hvorfor en har benyttet gjennomsnittlige forsinkelser og avvirket trafikk som sammenligningsgrunnlag.

Etterarbeidet består av analyse og diskusjon av resultater. Begrunnelse for valg av metoder for analysene og hvilke betydninger disse valgene har for er gått gjennom i denne delen.

3.1 Opplæring

Store deler av den første perioden under arbeid med denne oppgaven har bestått av å lære seg å bruke Aimsun. Blant øvelsene som er gjort er blant annet oppgavene som er integrert i Aimsun. Når neste steg skulle tas ble det satt i gang tester i et fiktivt t-kryss mellom to envegskjørte gater. Hovedvegen er en veg med fartsgrense på 50 km/t som fortsetter rett fram etter krysset. Sidevegen, som har vikeplikt i krysset, har også en fartsgrense på 50 km/t før den kobles på hovedvegen i krysset (se figur 3.1). Alle tre lenkene som utgjør nettverket er 500 meter lange.



Figur 3.1: Fiktivt testnettverk.

Med unntak av sikkerhetsmarginene og viketidsfaktorene er ingen andre parametre endret og er dermed satt til standardverdier. Kjøretøyene som er benyttet i testene er standard kjøretøyet "Car" som er Aimsuns standard personbil. Hver simulering varer i én time og det er ikke benyttet noe oppvarming av nettverkene.

Hvert eksperiment er kjørt med fem replikasjoner. På grunn av det lave antall replikasjoner som er kjørt er det mulig at gjennomsnittsverdiene ikke er representativ for nettverket. På en annen side er nettverket så lite at det gir lite rom for variasjoner innad i hver replikasjon.

Testene består av å se på gjennomsnittlig forsinkelser dersom en varierer trafikkvolumet på hovedvegen. Trafikkvolumet er konstant på 500 kjt/t sidevegen, mens trafikkvolumet på hovedvegen øker fra 500 kjt/t til 1 100 kjt/t med et intervall på 100 kjt/t.

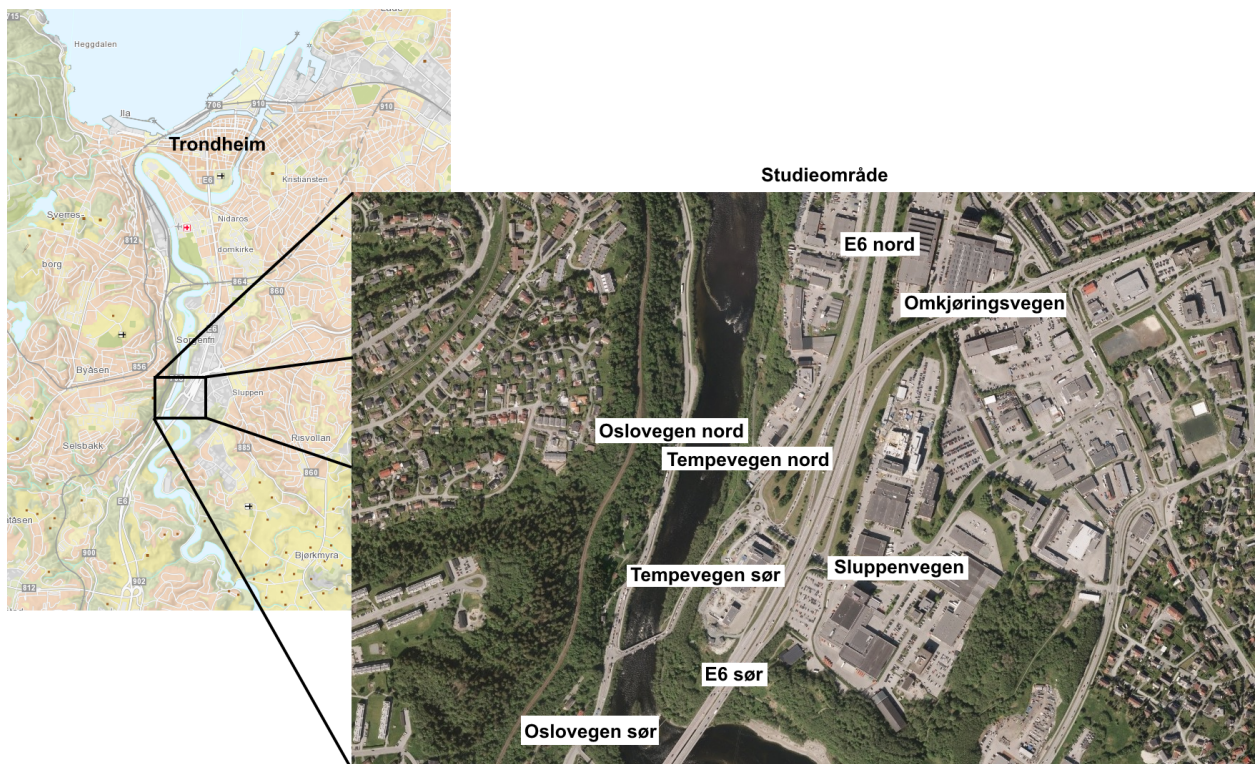
Disse testene er så gjort for en mengde verdier av sikkerhetsmarginene og viketidsfaktorene

mellom null og fire. På grunn av lite erfaring med programvaren og parametrene var de største og minste verdiene for parametrene som er testet mer eller mindre valgt vilkårlig.

3.2 Forarbeid

3.2.1 Valg av og beskrivelse av studieområde

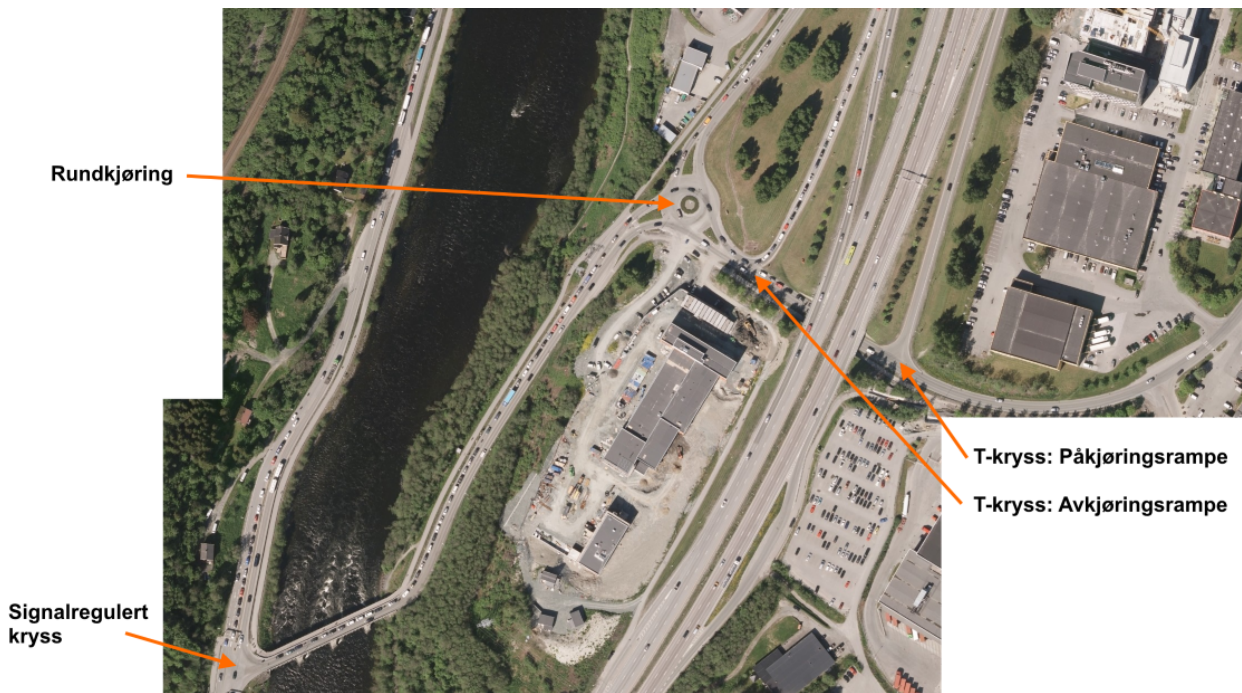
En viktig del for å få undersøkt parametrene og modellene er å finne et egnet område å gjøre testene i. Avviklingen av trafikken i dette nettverket skal være påvirket av tilbakeblokkeringer, slik at samarbeidsmodellen i Aimsun kan bli benyttet og testet. Videre er det også ønskelig at nettverket er av en slik størrelse og utforming at rutevalg ikke blir en viktig faktor og slik at det er enkelt å holde oversikt. Ved utvelgelse av nettverk er oppgaven av praktiske årsaker begrenset til Trondheimsområdet.



Figur 3.2: Oversiktsbildet av Trondheim med avmerket studieområde [23].

Sluppenområdet i Trondheim ble raskt pekt ut som et egnet nettverk som oppfylte kravene. Nettverket er blitt gjort betydelig modellerings- og simuleringsarbeid på fra før, og er også området som blir benyttet som eksempel i artikkelen av blant annet Erlend Aakre [18] som beskriver samarbeidsmodellen i Aimsun 8.1. I tillegg er det slik at det er flere interessenter som behøver trafikkdata fra dette området, så registreringen og behandlingen av registreringene kunne bli fordelt på flere personer. Dermed falt valget på Sluppen som studieområde.

Hoveddelen av studieområdet består av tre kryss. Et signalregulert kryss i Oslovegen, en rundkjøring som knytter Sluppenvegen med Tempevegen og en avkjøringsrampe for omkjøringsvegen som danner et t-kryss med Sluppenvegen (se figur 3.2). I tillegg kommer et t-kryss som binder påkjøringsrampen til omkjøringsvegen, men dette krysset er av mindre betydning for denne oppgaven.



Figur 3.3: Oversiktsbildet over kryssene i oppgaven som også illustrerer problemet med tilbakeblokkering [23].

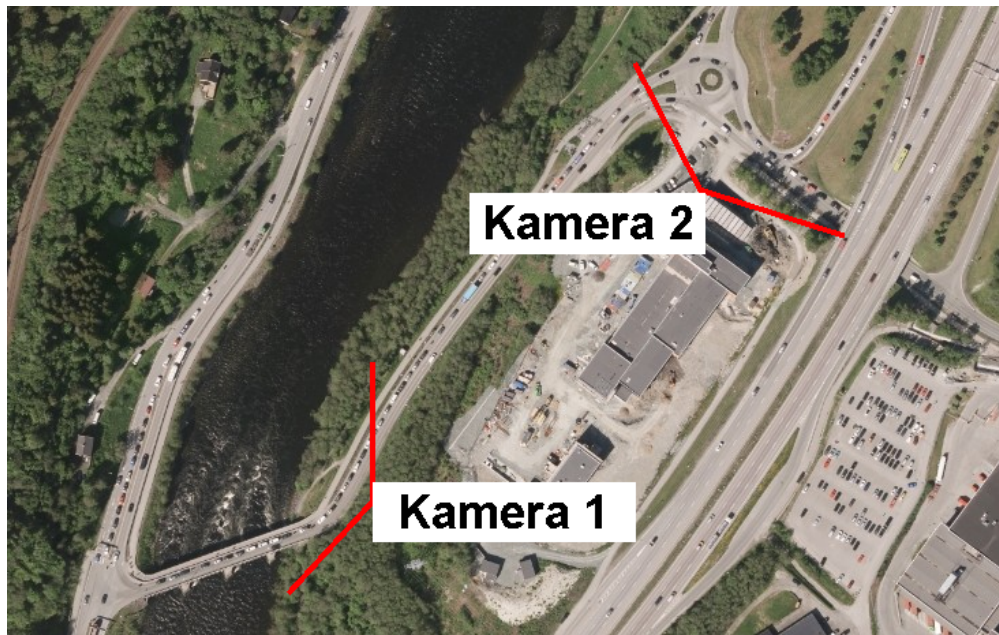
Det signalregulerte krysset i Oslovegen gjør at det under rushperioder ofte skjer en tilbakeblokkering fra krysset i Oslovegen, langs Tempevegen sør til rundkjøringen. I tilfartene til rundkjøringen oppstår det køer på grunn av denne tilbakeblokkeringen. Verst går det ut

over tilfarten som også består av avkjøringsrampen til omkjøringsvegen. Her kan køene raskt vokse seg meget lange på veldig sterkt trafikkerte dager. Figur 3.3 er et flyfoto av området hvor en tydelig kan se tilbakeblokkeringen som skaper kødannelser i Tempevegen nord, Sluppenvegen og på avkjøringsrampen.

Når trafikken bryter sammen og er svært saktegående går kjøretøyene over til å flette i de ellers vikepliktsregulerte kryssene. For de som kommer fra Nidarvoll og omkjøringsvegen og skal til Oslovegen betyr det at de må flette to ganger; først i det vikepliktsregulerte t-krysset, så i rundkjøringen med de som kommer fra Tempevegen.

3.2.2 Registreringer

Registreringene er gjort over to dager i ettermiddagsrushet, tirsdag 3. mars og onsdag 4. mars 2015. To kameraer er satt opp for å kunne gjøre tellinger, kamera 1 som filmer lyskrysset og kamera 2 som filmer rundkjøringen og t-krysset hvor avkjøringsrampen møter Sluppenvegen (se figur 3.4). Avviklet trafikk er registrert fra videoene i fem minutters intervaller sammen med kølengdene i Tempevegen og på avkjøringsrampen. Kølengdene i Sluppenvegen som er gått ut av kameraenes vinkel er registrert manuelt de aktuelle dagene.



Figur 3.4: Posisjonering av kameraer [23].

Ved å registrere data hvert femte minutt har man en stor fleksibilitet når en senere skal benytte seg av dataen. I tilfelle en trengte data senere med stor oppløsning ble det sett på som hensiktsmessig å telle hvert femte minutt, selv om en kunne klart seg med lavere oppløsning på datasettene.

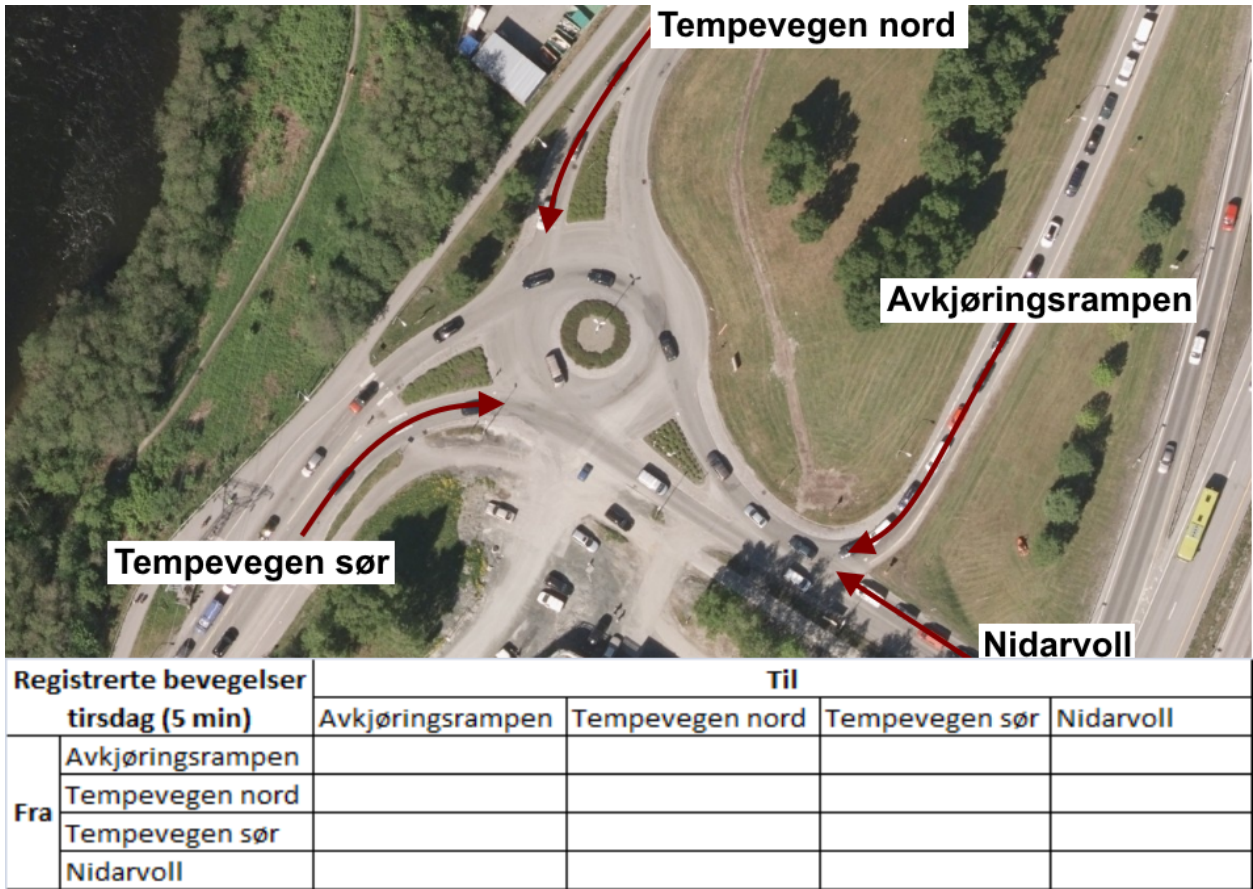
Forholdene på stedet under opptakene var forutsigbart begge dager, overskyet og tørt. Altså ikke en type vær som kan tenkes å ha effekt på atferden til kjøretøyene.

Tellinger

I hver tilfart i hvert kryss er det telt antall tung kjøretøy og kjøretøy per svingebevegelse. Registreringene av tunge kjøretøy er gjort etter skjønn. Det vil si at det ikke er definert hva som skulle gjelde som tunge kjøretøy, men kjøretøy som er regnet for å være en lastebil er telt som tunge kjøretøy. Da det er forskjellige personer som har gjort tellingene kan dette være at det er litt ulik praksis i hva som er definert som tungt kjøretøy hos hver enkelt person.

Tellinger i rundkjøringen for tirsdag:

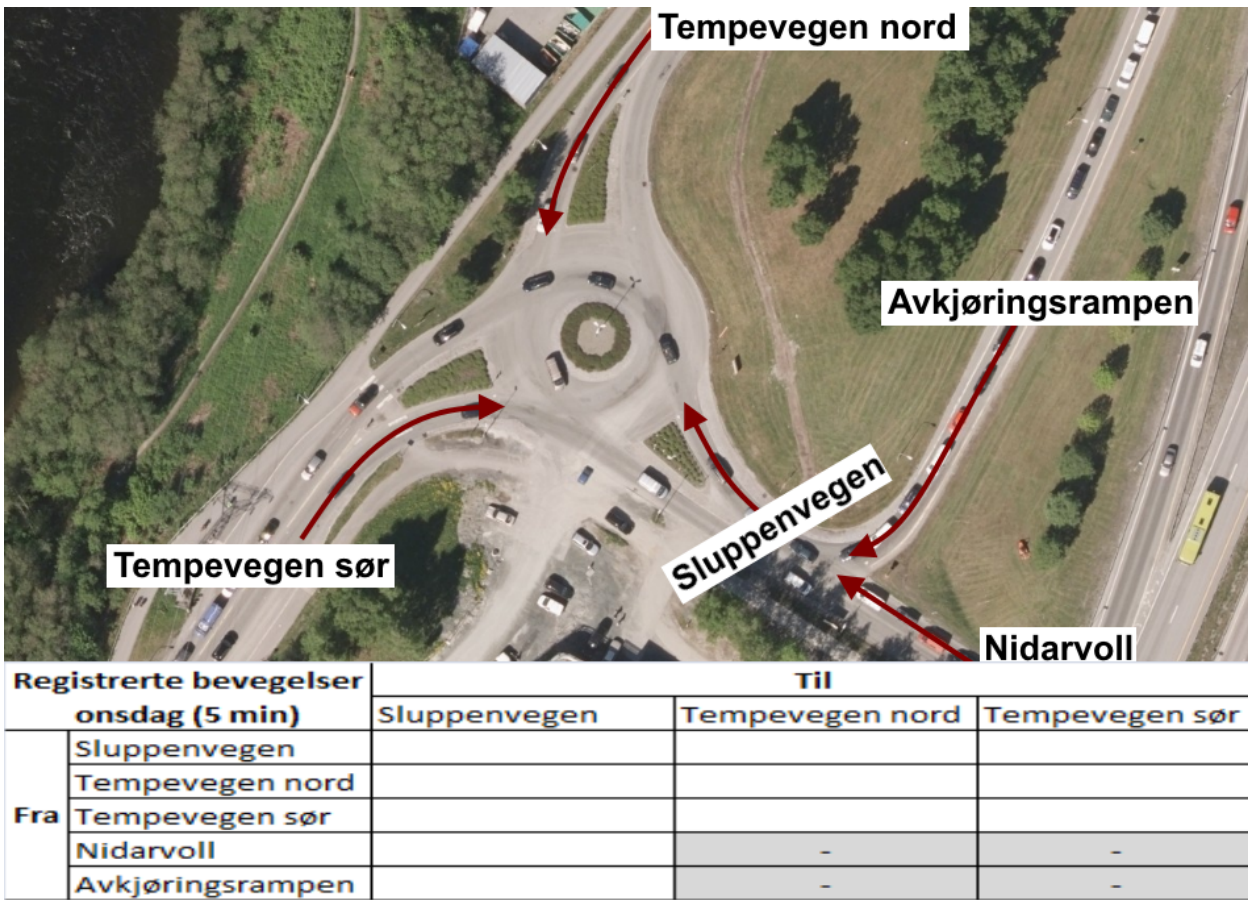
Alle mulige svingebevegelser for hver enkelt arm i rundkjøringen er telt. I tillegg er det telt svingebevegelser i rundkjøringen fra omkjøringsvegen. Svingebevegelser i rundkjøringen fra Nidarvoll er beregnet ved å trekke antall kjøretøy fra omkjøringsvegen fra antall kjøretøy totalt i tilfarten, for hver enkelt svingebevegelse. Figur 3.5 viser registrerte bevegelser i rundkjøringen.



Figur 3.5: Registrerte bevegelser for rundkjøringen tirsdag [23].

Telling i rundkjøringen for onsdag:

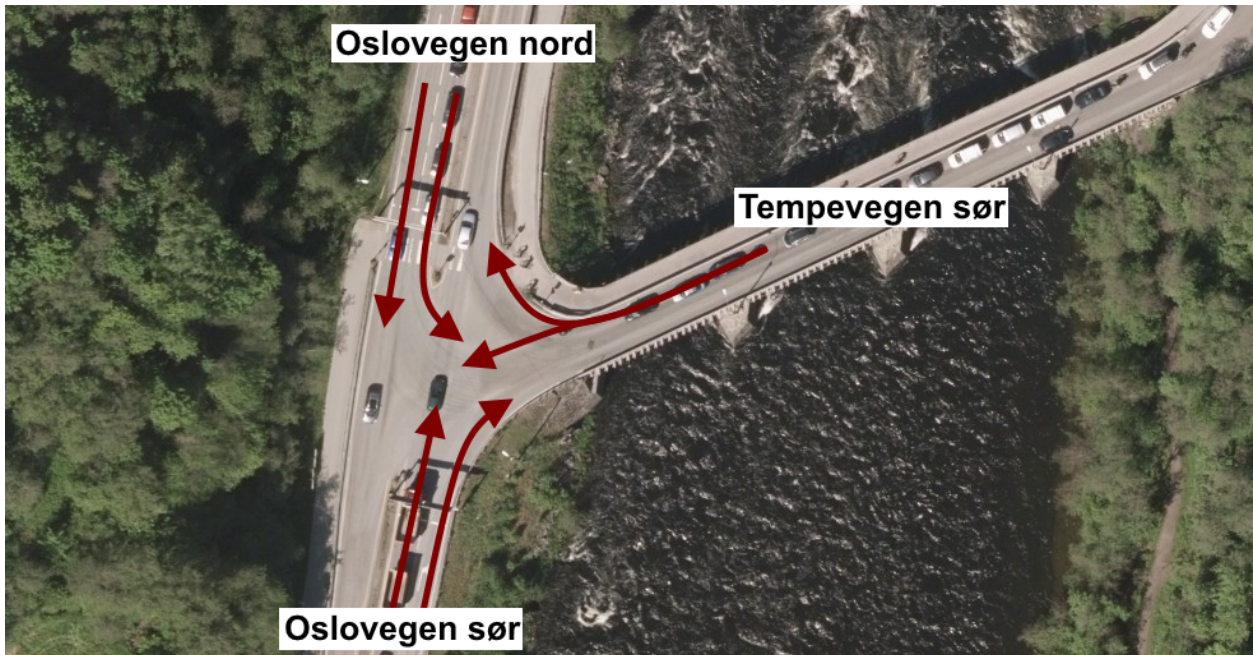
Som for tirsdag er alle de mulige svingebevegelsene for hver enkelt arm telt denne dagen også. Tellingene for tirsdag skilte mellom svingebevegelsene i rundkjøringen som kom fra Nidarvoll og avkjøringsrampen. Dette er ikke gjort under tellingene for onsdag. I stede for å telle på nytt er det benyttet svingeandeler som er registrert på tirsdag for hver av de to tilfartene (avkjøringsrampen og Nidarvoll) for å beregne svingebevegelsene på onsdag.



Figur 3.6: Registrerte bevegelser for rundkjøringen onsdag [23].

Tellingene i det signalregulerte krysset:

Tellingene for det signalregulerte krysset er gjort likt for både tirsdag og onsdag. Også her er hver enkelt svingebevegelse for hver tilfart telt. Det er ikke tatt hensyn til faser og omløpstid under tellingene, men benyttet intervaller på fem minutter. Det vil si at hvert intervall kan variere ettersom hvor stor del av intervallet som er grøntid og rødtid. Men ved å benytte fem minutters intervaller med samme starttidspunkt som tellingene ved rundkjøringen, kan en sammenligne data direkte mellom de to kryssene.



Figur 3.7: Registrerte bevegelser for det signalregulerte krysset [23].

I det signalregulerte krysset oppstod det problemer med kamera 1 og dermed forsvant en betydelig del av opptakene. Mesteparten av tirsdag ble ikke tatt opp, mens det mangler data mellom kl 15:30 og 16:10 fra onsdag. Der det mangler data er det benyttet trafikkvolum ut av armen i rundkjøringen i retning mot Oslovegen. Dette volumet er videre fordelt til Oslovegen sør og nord ved hjelp av gjennomsnittlige svingeandeler som er beregnet fra tellingene.

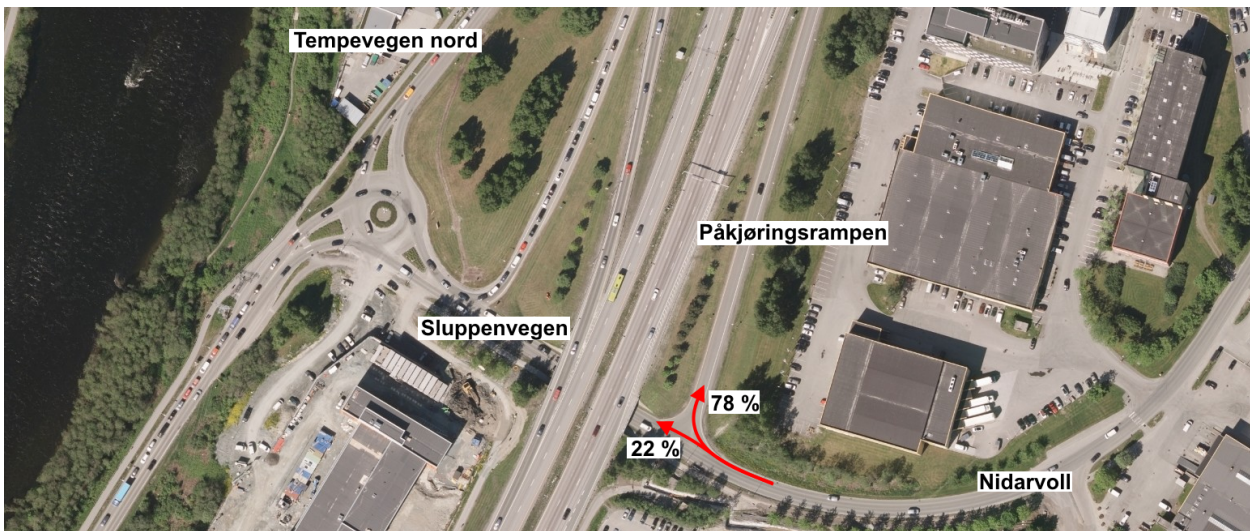
Tellinger for tirsdag og onsdag er lagt ved i vedlegg B.

Registrering av kø

Kølengdene er registrerte ved hjelp av kamera med intervaller på fem minutter. På grunn av tidvis lange køer på avkjøringsrampen fra omkjøringsvegen er det sannsynlig at kølengdene ikke er helt korrekte. Oppløsningen på kamera var for liten og avstandene til enden av køene var for langt unna slik at en ikke alltid kunne være sikker på at en så enden av køen eller fikk telt med alle kjøretøyene. Akkurat hvor store forskjeller det var på de virkelige kølengde og registrerte kølengdene i disse periodene er antatt til å være små. Når køen har vært så lang at den går utenfor kameraets vinkel mot Nidarvoll er køene registrert manuelt med jevne

mellomrom.

Et problem med køen bak påkjøringsrampen mot Nidarvoll er oppdaget etter opptakene og registreringene er gjort. Alle kjøretøy bak påkjøringsrampen er telt med i køen, og det er dermed talt med kjøretøyene som skal til omkjøringsvegen. For å fjerne disse kjøretøyene fra den registrerte køen er det antatt et gjennomsnittlig antall kjøretøy mellom rundkjøringen og påkjøringsrampen. Deretter er antall kjøretøy i kø bak påkjøringsrampen mot Nidarvoll funnet. En rapport fra 2009 som er utarbeidet av SINTEF har funnet svingeandelen fra Nidarvoll mot rundkjøringen på Sluppen til å være 22 % [24]. Det er antatt at denne svingeandelen gjelder i dag, og er benyttet for å finne andelen kjøretøy i kø bak påkjøringsrampen som faktisk skal til rundkjøringen på Sluppen. Registrerte kølengder finnes i vedlegg C.

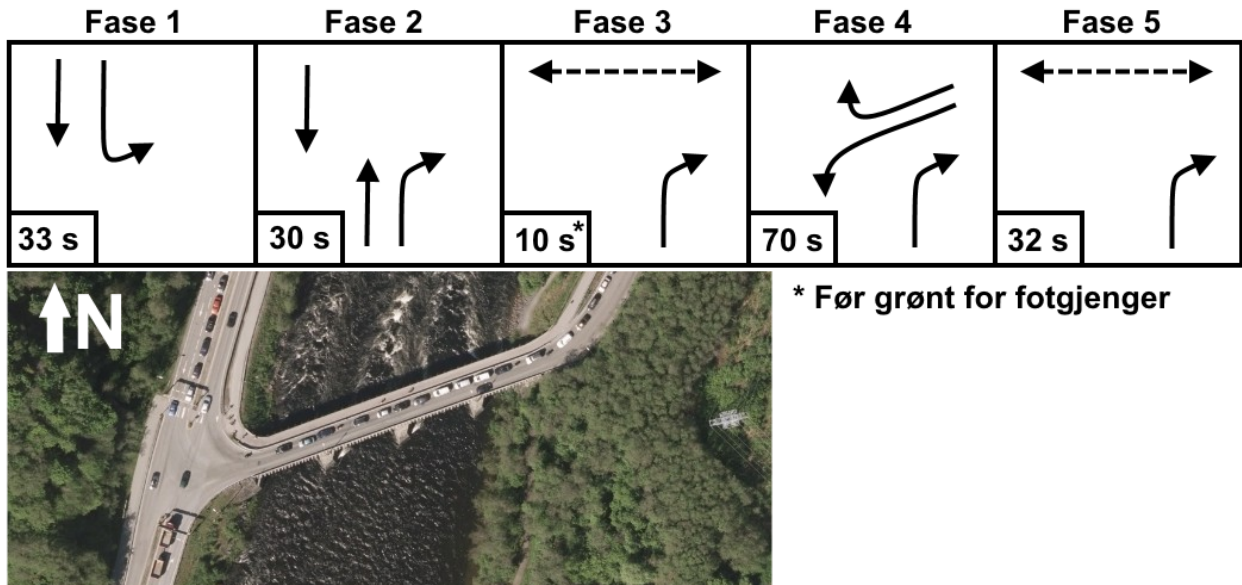


Figur 3.8: Andel av kø som skal til påkjøringsrampen og til Sluppenvegen fra Nidarvoll [23].

Registrert signalplan

Fra kamera 1 kan en også se hvordan fasene og omløpstiden til signalanlegget forløper seg. Signalanlegget er trafikkstyrt og har dermed variable lengder på faser og omløpstid. Når trafikken er stor nok i alle tilfarter er det større etterspørsel enn hva som er maksimal kapasitet for krysset, og dermed vil grøntidene være tilnærmet maksimal for hvert omløp. Det er dette som skjer i mesteparten av tidsrommet registreringene er gjort, og det er registrert gjennomsnittlige grøntider og omløpstid i den samme perioden der etterspørselen er større enn maksimal kapasitet.

Fasene er registrert fem ganger når omløpstiden har vært tilnærmet maksimal. Gjennomsnittet av disse er gitt i figur 3.9. Denne signalplanen tar ikke hensyn til tapt tid mellom fasene. Fase 3 og fase 4 overlapper i realiteten noen sekunder, men da de fleste fotgjengerne allerede har kommet over vegen i løpet av de ti sekundene i fase 3 er dette ikke tatt hensyn til i denne forenklete signalplan.

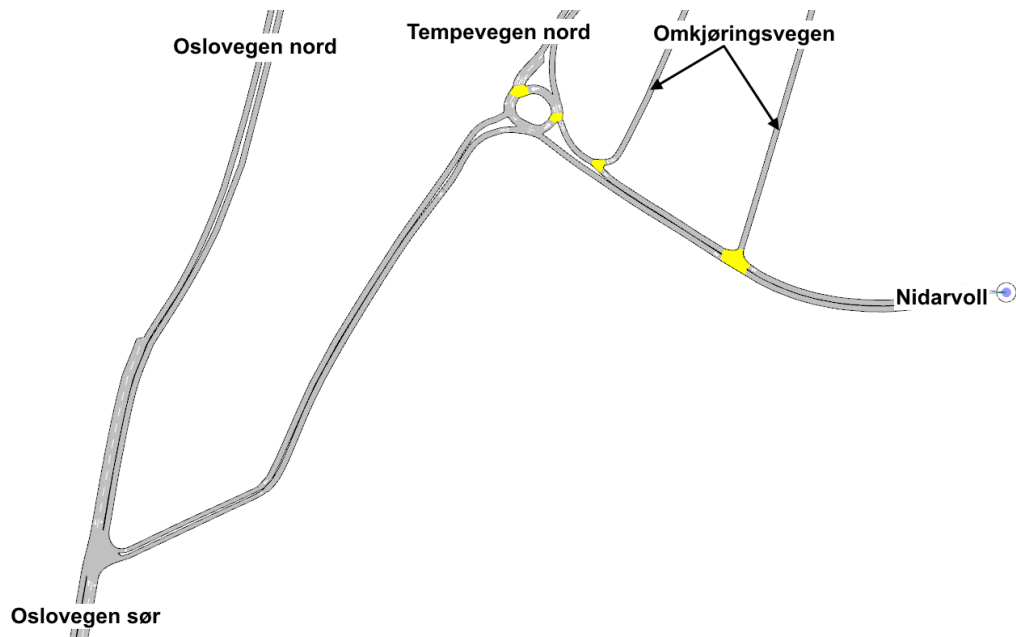


Figur 3.9: Registrert og forenklet signalplan [23].

3.2.3 Databehandling

Trafikketterspørsel og OD-matriser

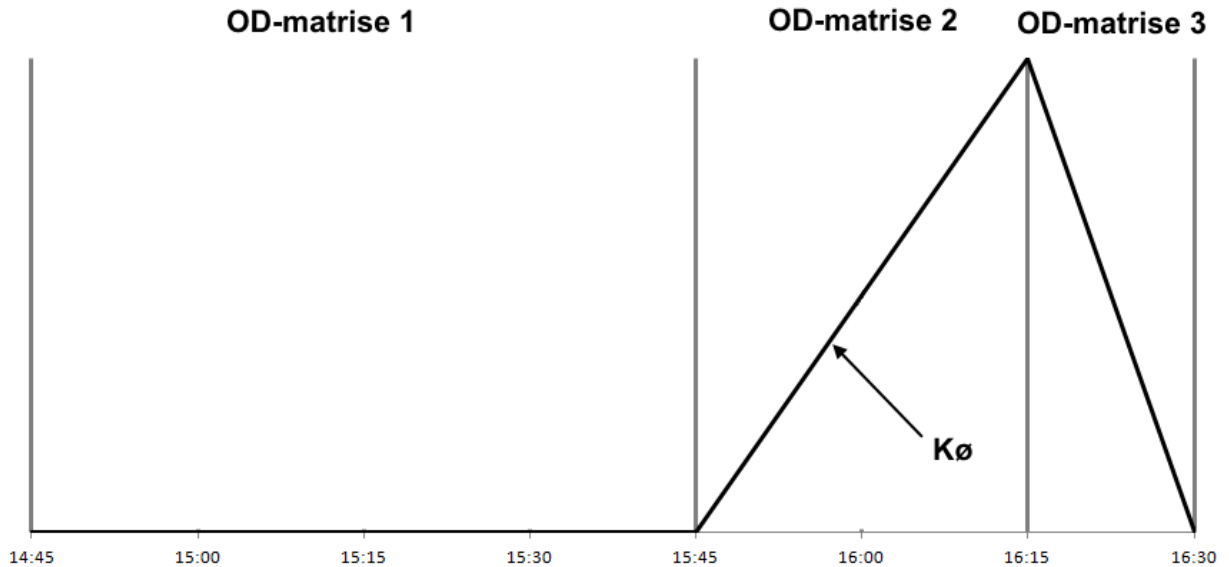
Modellene som er laget har fem sentroider som fungerer som start- og sluttsonene i OD-matrisene (se figur 3.10). Hovedmålet med tellingen er å lage OD-matriser som passer til disse sentroidene.



Figur 3.10: Modell over hoveddelen av studieområdet med avmerkede sentroider (soner) hvor trafikk kommer fra. I denne figuren vises sentroiden til Nidarvoll, mens kun navnene til de andre sentroidene er gitt.

OD-matrisene som skal legges inn i modellen er bestemt på bakgrunn av tidspunktene for kjøppbygging og kønedbygging i tilfarer til rundkjøringen. Det vil si at det er laget tre matriser. Én med trafikkmengder fram til kjøppbyggingen starter, for både tirsdag og onsdag var dette fram til 15.45. Neste er fra kjøppbyggingen starter til køene er på sitt største, fra 15.45 til 16.00 for tirsdag og fra 15.45 til 16.15 for onsdag. En siste matrise gjelder under nedbyggingen av køene til tellingene ble avsluttet, fra 16.00 til 16.30 for tirsdag og fra 16.15 til 16.30 for onsdag.

Etter tellingene er gjort mangler det fortsatt noe før en kan legge de i OD-matrisene. For eksempel vet en enda ikke hvor mange som kommer fra Oslovegen sør som skal til omkjøringsvegen, eller hvor mange som kommer fra rundkjøringen som skal til Oslovegen sør osv. Dette er løst ved å dele trafikkmengder opp i svingeandeler der hvor det ikke finnes direkte tellinger for hvem som skal hvor. Der hvor det ikke finnes egne tellinger til å beregne svingeandeler er det benyttet svingeandeler fra en rapport utarbeidet av SINTEF i 2009 [24].



Figur 3.11: Forenklet køforløp med prinsipp for valg av starttidspunkt for OD-matriser (onsdag).

For noen kjøreruter kan det være opp til tre ledd som er beregnet ved hjelp av svingeandeler og dette gir naturlig nok en usikkerhet i tallene som blir gitt i OD-matrisen. Denne usikkerheten er antatt til å være liten i forhold til for eksempel hvordan trafikken varierer fra dag til dag, og dermed ikke utgjør en vesentlig forskjell i resultatene.

Tellingene blir så lagt sammen slik at de er i tre grupper med samme tidspunkt som OD-matrisene er gruppert i. For å vite hva trafikketerspørselen er må kølengdene inkluderes til tellingene. Kølengdene ved start og slutt av hver OD-matrise er brukt for å kunne lage en faktor som enten skalerer ned eller opp trafikkellingene til å gjenspeile etterspørselen i området. Når tellingene er skalert opp eller ned med disse faktorene sitter man igjen med trafikketerspørselen for hver av de tre tidsintervallene. Det er denne etterspørselen som så er benyttet i OD-matrisene. Figur 3.12 og 3.13 viser OD-matrisene for tirsdag og onsdag som er benyttet i modellene.

Modellering av vikeplikt og prioritet i ulike krysstyper i AIMSUN

Kl. 14:45-15:45	735: Oslovegen nord	737: Oslovegen sør	740: Omkjøringsvegen	741: Tempevegen nord	742: Nidarvoll	Total
735: Oslovegen nord		370	129	50	76	625
737: Oslovegen sør	200		64	25	38	327
740: Omkjøringsvegen	168	91		21	3	283
741: Tempevegen nord	124	67	46		70	307
742: Nidarvoll	114	61		22		197
Total	606	589	239	118	187	1739
Kl. 15:45-16:00	735: Oslovegen nord	737: Oslovegen sør	740: Omkjøringsvegen	741: Tempevegen nord	742: Nidarvoll	Total
735: Oslovegen nord		100	32	15	19	166
737: Oslovegen sør	50		16	7	9	82
740: Omkjøringsvegen	45	24		4	1	74
741: Tempevegen nord	42	22	9		14	87
742: Nidarvoll	41	22	1	10		74
Total	178	168	58	36	43	483
Kl. 16:00-16:30	735: Oslovegen nord	737: Oslovegen sør	740: Omkjøringsvegen	741: Tempevegen nord	742: Nidarvoll	Total
735: Oslovegen nord		170	63	18	37	288
737: Oslovegen sør	108		32	9	19	168
740: Omkjøringsvegen	84	45		9	2	140
741: Tempevegen nord	65	35	18		27	145
742: Nidarvoll	42	23		6		71
Total	299	273	113	42	85	812

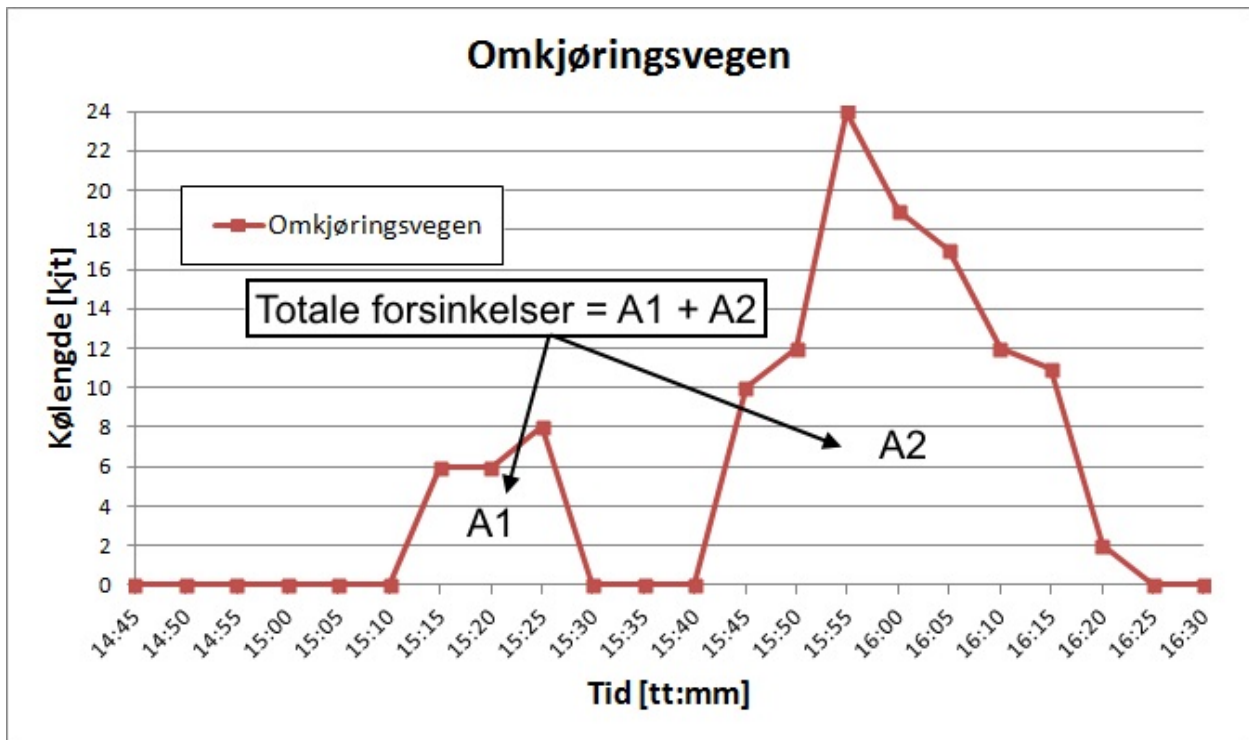
Figur 3.12: OD-matriser tirsdag. 14:45-15:45, 15:45-16:00 og 16:00-16:30.

Kl. 14:45-15:45	735: Oslovegen nord	737: Oslovegen sør	740: Omkjøringsvegen	741: Tempevegen nord	742: Nidarvoll	Total
735: Oslovegen nord		370	123	53	72	618
737: Oslovegen sør	200		62	27	36	325
740: Omkjøringsvegen	186	100		25	3	314
741: Tempevegen nord	116	62	53		80	311
742: Nidarvoll	111	60		24		195
Total	613	592	238	129	191	1763
Kl. 15:45-16:15	735: Oslovegen nord	737: Oslovegen sør	740: Omkjøringsvegen	741: Tempevegen nord	742: Nidarvoll	Total
735: Oslovegen nord		200	59	21	35	315
737: Oslovegen sør	100		30	11	17	158
740: Omkjøringsvegen	80	43		11	1	135
741: Tempevegen nord	70	38	20		29	157
742: Nidarvoll	74	40	1	16		131
Total	324	321	110	59	82	896
Kl. 16:15-16:30	735: Oslovegen nord	737: Oslovegen sør	740: Omkjøringsvegen	741: Tempevegen nord	742: Nidarvoll	Total
735: Oslovegen nord		70	34	11	20	135
737: Oslovegen sør	58		17	5	10	90
740: Omkjøringsvegen	33	18		4	1	56
741: Tempevegen nord	32	17	9		14	72
742: Nidarvoll	22	12		5		39
Total	145	117	60	25	45	392

Figur 3.13: OD-matriser onsdag. 14:45-15:45, 15:45-16:15 og 16:15-16:30.

Forsinkelser

For Tempevegen nord, avkjøringsrampen og Sluppenvegen er det beregnet forsinkelser som skal bli benyttet videre. Forsinkelsene er beregnet ut fra registrerte kølengder som er registrert hvert femte minutt og Little's law. Den totale forsinkelsen tilsvarer arealet under kurven for kølengder plottet mot tid. Metoden som er brukt for å finne arealet under grafen er basert på en lineær tilnærming mellom hvert målepunkt ved å benytte arealformelen for trapes for hvert tidsintervall (se figur 3.14).



Figur 3.14: Illustrasjon av metode for å finne total forsinkelse.

Summen av alle arealene er den totale forsinkelsen per tilfart, og den totale gjennomsnittlige forsinkelsen fås ved å dele den totale forsinkelsen på antall ankommet kjøretøy ved den aktuelle tilfarten under registreringstidsrommet.

I virkeligheten er ikke kjøppbyggingen og -nedbyggingen lineær mellom registreringspunktene. Det vil si at det kan være en liten forskjell i virkelige forsinkelser og beregnede forsinkelser, for eksempel om det er noen topper mellom registreringsintervallene som ikke er kommet med. Ved registreringsintervall på for eksempel 15 minutter kunne dette vært et større problem og det kunne endt med at beregnede forsinkelser hadde store avvik med faktiske forsinkelser.

Alle forsinkelser er lagt ved i vedlegg E.

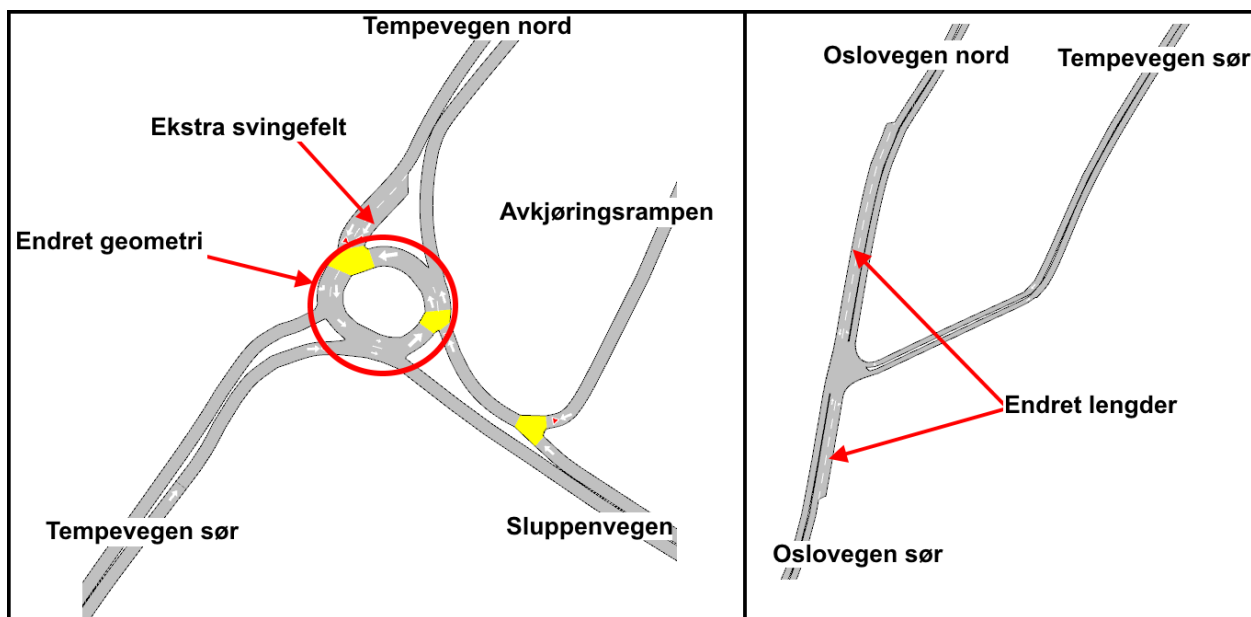
3.2.4 Oppbygging og grovkalibrering av modeller

Første kalibrering

Før parametrene som beskriver vikeplikt, prioritet og samarbeid testes ut er det viktig at andre parametre er kalibrerte.

Det er tatt utgangspunkt i en modell som er bygget opp i forbindelse med et SINTEF-notat fra 2009 [24]. Den fysiske oppbyggingen med nettverkselementene er i stor grad beholdt. Selve utformingen av rundkjøringen er forandret noe for å få samarbeidsmodellen til å fungere bedre, noe som er forklart senere. De to svingefeltene i Oslovegen har fått nye lengder, og det er lagt inn et nytt felt fra Tempevegen nord til rundkjøringen for å få bedre samsvar med observerte atferder. Det er også laget en ny signalplan for det signalregulerte krysset. Figur 3.15 viser endringene som er gjort.

For å ha et sammenligningsgrunnlag er det tatt utgangspunkt i fire typer modeller. En som benytter samarbeidsmodellen hele tiden, en som benytter samarbeidsmodellen fra kl. 15:30 (med vikepliktsregulering før dette), en med kun vikepliktsregulering og en som ikke har noen reguleringer i kryss, men som i stede benytter seg av "yellow box"-kryss. Ved å benytte seg av "yellow box"-kryss vil regelen i praksis bli at det første kjøretøyet som kommer til krysset kjører først.



Figur 3.15: Endringer i geometrien til modellen.

Det er alltid lurt å starte med de parametre som påvirker hele nettverket i en kalibrering. I denne oppgaven er det kjøretøyegenskaper som er forandret først. Kjøretøyet som er benyttet er en personbil. Lengden er basert på erfaringstall og satt til fem meter. Observert kø i nettverket virker å ha en gjennomsnittlig luke (front-front) på ca syv meter, dermed er parameteren minste avstand satt til to meter.

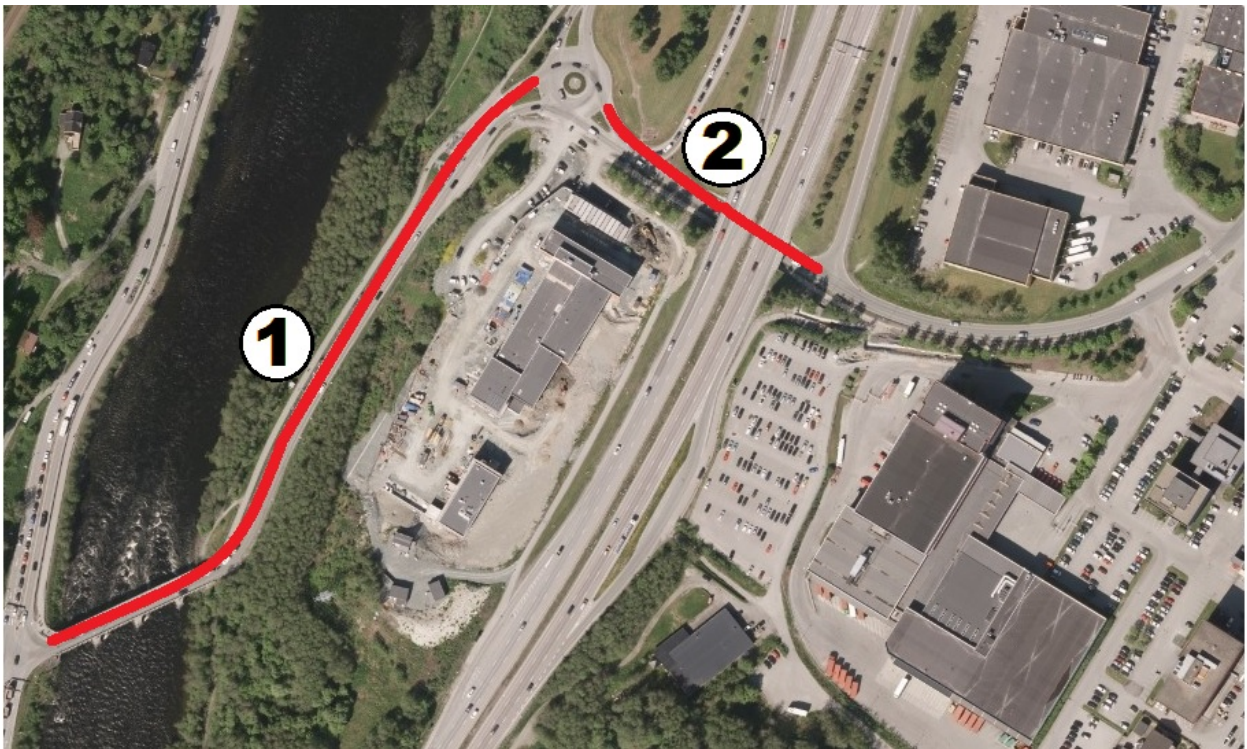
Av globale parametre er reaksjonstiden (oppdateringsintervallet) viktig. Denne er fra erfaring satt til 0,85. Reaksjonstid ved stopp og reaksjonstid ved signalanlegg henholdsvis 1,25 og 1,60.

Til sist er det gjort justeringer av lokale parametre. Fartsgrener, samarbeidsandel, ekstra reaksjonstid ved stopp og svingehastighet. Oppvarmingen av systemet er satt til 15 minutter. En OD-matrise hvor hvert OD-par har 25 kjøretøy i hver retning i løpet av oppvarmingstiden ga resultater som lignet det som er observert i nettverket på dette tidspunktet.

Resultatene fra denne kalibreringen er hovedsakelig sjekket visuelt ved hjelp av simuleringen.

Andre kalibrering

For å være sikker på at kjøretøyavstanden og lengdene på kjøretøyene stemmer overens med virkeligheten er kjøretøytetthetene på strekningen rundkjøringen til lyskrysset og Sluppenvegen fra påkjøringsrampen til rundkjøringen sammenlignet med kjøretøytetthetene for disse lenkene i modellene (tabell 3.1 og figur 3.16). Tettheten er registrert i det strekningene har vært helt fylt opp av kjøretøy og alle kjøretøyene har vært stillestående. Kjøretøytetthetene er målt fem ganger, hvor gjennomsnittet er benyttet i tabell 3.1 for å få en større sikkerhet i tallene. Forskjellen mellom observert og modellert kjøretøytetthet på strekningene er ansett som godkjent.



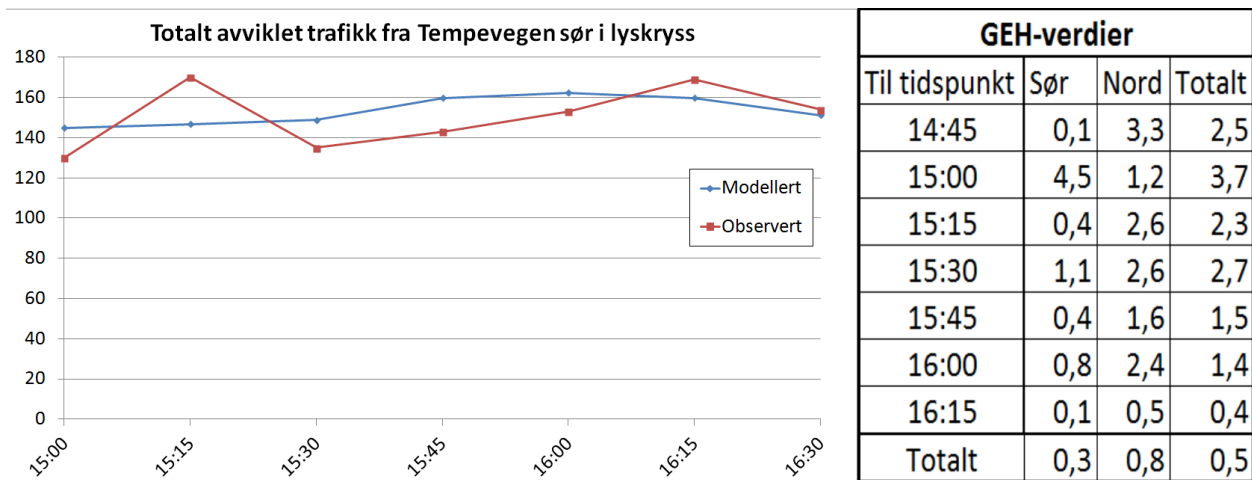
Figur 3.16: Strekninger benyttet til kalibrering av kjøretøytetthet. 1: Rundkjøring-lyskryss. 2: Påkjøringsrampe-rundkjøring [23].

Strekninger	Observert	Modell	Prosentvis forskjell
1. Rundkjøring - lyskryss	52	54	-3 %
2. Rundkjøring - påkjøringsrampe	19	18	7 %

Tabell 3.1: Gjennomsnittlige antall kjøretøy målt på utvalgte kjørefelt i modellene og studieområdet.

Når kjøretøytettheten er godkjent er det fortsatt med kalibrering av avviklet trafikk fra det signalregulerte krysset. Først ved antall avviklede kjøretøy fra Tempevegen sør per omløp, deretter antall avviklede kjøretøy i intervaller på 15 minutter og totalt i modelleringsperioden.

Per omløp er det telt 30 kjøretøy som er avviklet. Reaksjonstider, svingehastigheter og fartsgrenser er forandret for å få til rett mengde avviklede kjøretøy. Avviklet trafikkmengde i modellen er deretter sammenlignet med avviklet trafikk som er observert, med et resultat som vist i figur 3.17.

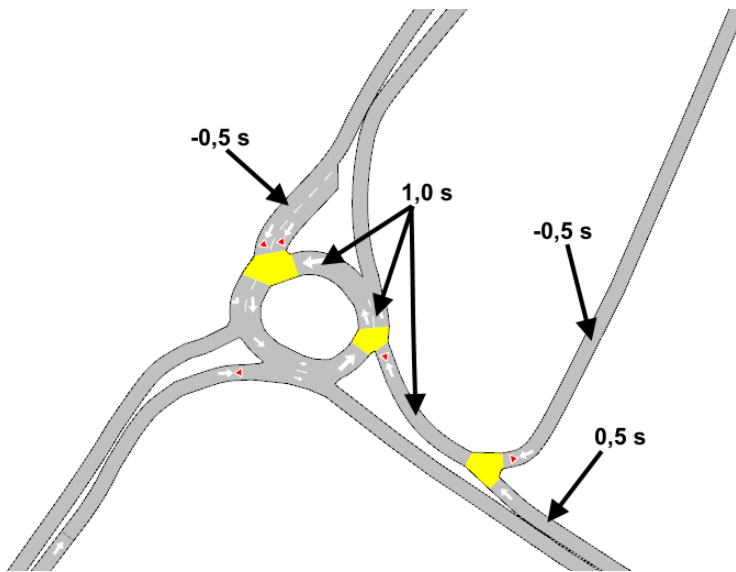


Figur 3.17: Modellert og observert avviklet trafikk sammen med GEH-verdiene fra Tempevegen nord til Oslovegen nord, Oslovegen sør og Oslovegen totalt.

Parametre som er endret for å få til en realistisk avvikling i det signalregulerte krysset er reaksjonstiden som er satt til 0,87, endret svingehastighet fra Tempevegen sør til Oslovegen sør og nord til henholdsvis 30 og 28 km/t. Videre er hastigheten over brua satt ned til

23 km/t som er kanskje litt mindre enn faktisk hastighetsnivå over brua. Siden det ikke er hentet inn data som kan fastslå hastighetsnivåer på strekninger er det gjort anslag der hastigheten klart er under fartsgrensen.

Rundkjøringen og tilfartene knyttet til denne har også fått endret hastigheter. Tilfarten fra Sluppenvegen etter avkjøringsrampen har fått en hastighet på 20 km/t. Det er samme hastighet som er lagt til inn i de fleste lenkene i rundkjøringen. Et unntak er lenken før noden hvor Tempevegen nord kommer inn i rundkjøringen. Denne er satt til 10 km/t. I tillegg er det gjort endringer i ekstra reaksjonstider som vist på figur 3.18.



Figur 3.18: Ekstra reaksjonstider for lenker i og rundt rundkjøringen.

3.3 Utførelse

Nettverket ved Sluppen er nå modellert i fire forskjellige modeller der parametrene som ikke skal testes ut er kalibrert. Neste steg er først å teste ut ulike verdier av parametrene for å få fram innvirkningen disse har på trafikkbildet, for deretter å bestemme verdier for parametrene som stemmer best mulig overens med det observerte trafikkbildet.

Testene tar for seg gjennomsnittlig forsinkelse og avvirket trafikk tre steder i nettverket: Tempevegen nord, avkjøringsrampen og Sluppenvegen. Disse tre strekningene er valgt ut på

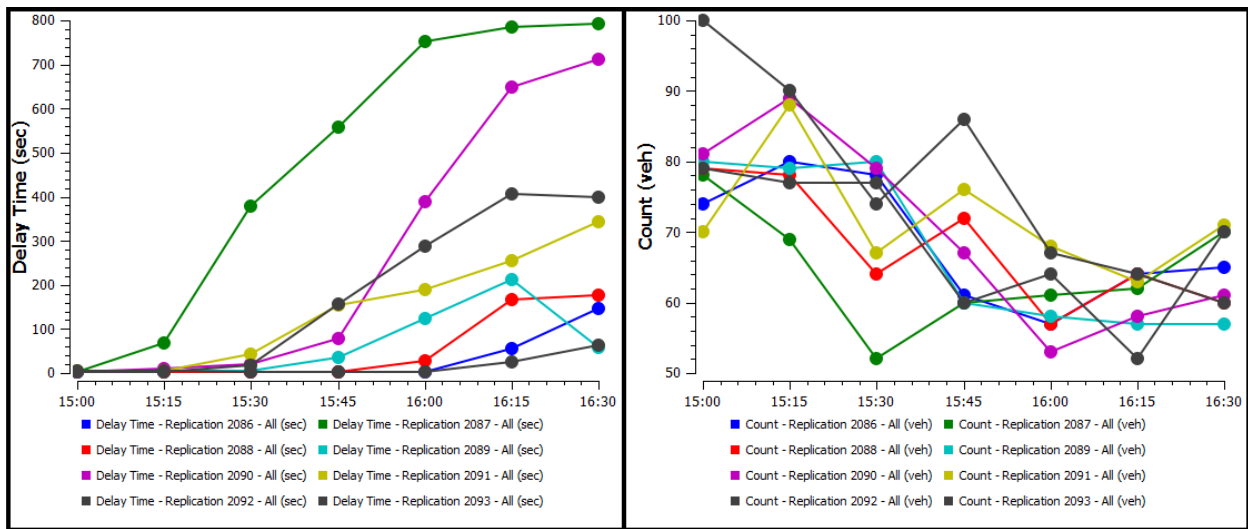
grunn av at de blir påvirket av tilbakeblokkeringene.

3.3.1 Antall replikasjoner

Mikrosimuleringen i Aimsun er som tidligere forklart basert på en stokastisk modell. Dermed må en alltid kjøre mange nok replikasjoner av modellene slik at en får et stort nok statistisk utvalg som kan benyttes i gjennomsnittsberegningene. Akkurat hvor stort dette utvalget burde være kommer an på flere faktorer som for eksempel størrelsen og kompleksiteten i modellen, usikkerheten i inndata osv.

Spredningen i replikasjonene gir veldig store utslag i resultatene. Spesielt for forsinkelsestider, men også avviklet trafikkmengder. Det er noen replikasjoner som ikke gir tilbakeblokkeringer til rundkjøringen, og dermed blir det stor spredning i resultatet for de gjennomsnittlige forsinkelsene. Dette tyder på at trafikkmengdene som er registrert ligger akkurat på grensen til at det blir tilbakeblokkeringer og små detaljer avgjør om det blir det eller ikke.

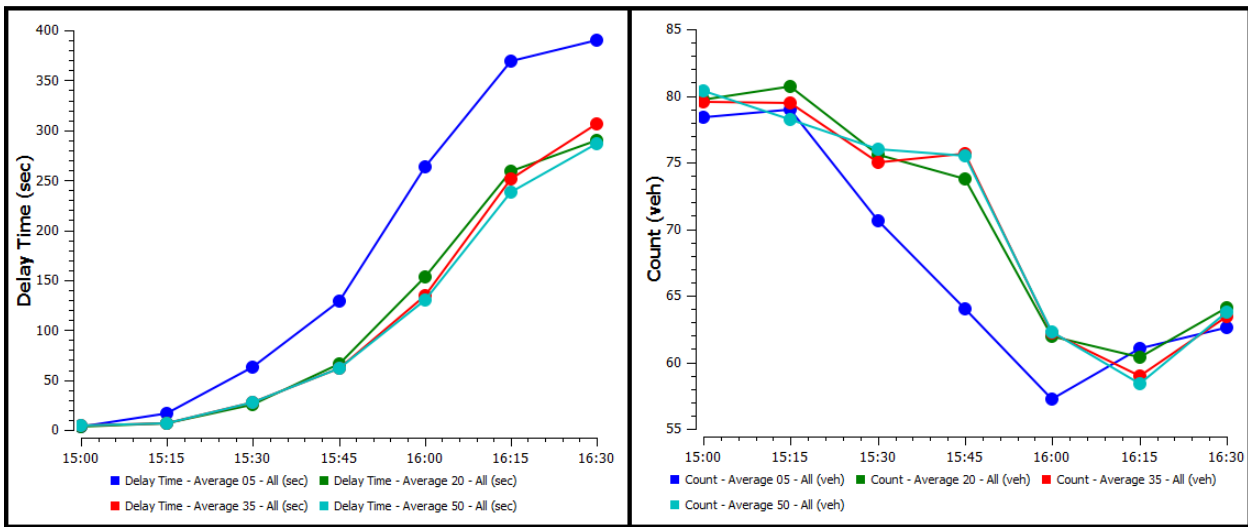
Forskjellen mellom tilbakeblokkering og ikke tilbakeblokkering har store påvirkninger på resultatet og gir en veldig stor spredning av replikasjonene. Figur 3.19 viser hvor stor spredning det er i gjennomsnittlige forsinkelser og avviklet trafikk på avkjøringsrampen i åtte tilfeldige replikasjoner. Disse resultatene er fra modellen hvor samarbeid er benyttet hele tiden, men de andre modellene gir samme resultater.



Figur 3.19: Spredning i forsinkelse (venstre) og avvirket trafikk (høyre) på avkjøringsrampen med åtte tilfeldige replikasjoner.

Med en slik spredning kreves det mange replikasjoner slik at ikke gjennomsnittene ikke blir misvisende. For å komme fram til hvor mange replikasjoner som skal benyttes videre, er det kjørt 50 replikasjoner hvor det er beregnet gjennomsnitt av 5, 20, 35 og 50 replikasjoner. Figur 3.20 viser hvordan gjennomsnittene av gjennomsnittlig forsinkelse og avvirket trafikk er på avkjøringsrampen dersom en benytter gjennomsnittet av 5, 20, 35 eller 50 replikasjoner.

Av figur 3.20 ser en at 20, 35 og 50 replikasjoner ikke gir veldig forskjellige resultater. Da kjøring av mange modeller tar lang tid, er det funnet fornuftig å benytte 20 replikasjoner videre i denne oppgaven. Usikkerheten minker minimalt dersom en går fra 20 til 50 replikasjoner.



Figur 3.20: Gjennomsnitt av forsinkelse (venstre) og avvirket trafikk (høyre) på avkjøringsrampen med 5 (blå), 20 (grønn), 35 (rød) og 50 (lyseblå) replikasjoner.

Tabell 3.2 viser den prosentvise forskjellen fra gjennomsnittet av 50 replikasjoner for gjennomsnittet av 5, 20 og 35 replikasjoner. Som en ser er det forsinkelsene som skaper størst ulikheter ettersom hvor mange replikasjoner en benytter seg av. Med 20 replikasjoner er det en forskjell på 6,9 % i totale gjennomsnittlige forsinkelser i forhold til det å bruke 50 replikasjoner, noe som er kun 2,0 % mer enn ved 35 replikasjoner. Usikkerheten i inndata er antatt å være større enn usikkerheten ved å benytte 20 replikasjoner. Gjennomsnittet av 20 replikasjoner har med andre ord temmelig lik reliabilitet som gjennomsnittet av 50 replikasjoner og rettferdiggjør dermed valget av å benytte seg av 20 replikasjoner.

Tidspunkt	Antall replikasjoner ved avviklet trafikk			Antall replikasjoner ved gjennomsnittlige forsinkelser		
	5	20	35	5	20	35
15:00	2,5 %	0,8 %	1,0 %	25,8 %	2,1 %	-2,6 %
15:15	-1,0 %	-3,1 %	-1,6 %	-142,2 %	2,0 %	1,8 %
15:30	7,1 %	0,5 %	1,2 %	-125,0 %	7,7 %	2,6 %
15:45	15,2 %	2,3 %	-0,3 %	-108,5 %	-6,6 %	-0,6 %
16:00	8,2 %	0,5 %	0,1 %	-103,5 %	-18,4 %	-3,9 %
16:15	-4,4 %	-3,4 %	-0,9 %	-54,9 %	-8,6 %	-5,6 %
16:30	1,9 %	-0,4 %	0,5 %	-36,2 %	-1,2 %	-6,7 %
Totalt	4,4 %	-0,3 %	0,0 %	66,4 %	-6,9 %	-4,9 %

Tabell 3.2: Prosentvis forskjell i gjennomsnittlig forsinkelse og avviklet trafikk ved bruk av 5, 20 og 35 replikasjoner i forhold til bruk av 50 replikasjoner.

3.3.2 Testing av parametre

Parametrene er blitt testet systematisk med utgangspunkt i standardverdier, som deretter blir økt eller minket trinnvis. Dersom en skal ha full oversikt over hvordan verdiene påvirker hverandre må en variere alle parametrene om hverandre. Dette ville tatt uforholdsmessig lang tid i forhold til hva utbytte hadde vært og er dermed ikke gjennomført. Derfor er de parametrene som ikke er blitt testet ut satt til å være standardverdier.

De forskjellige parametrene har forskjellige egenskaper og det er derfor vurdert individuelt hva som er egnet minste og største verdi samt de stegvise trinnene mellom hver verdi.

Sikkerhetsmarginer

Sikkerhetsmarginene består av første og siste sikkerhetsmargin. Både første og siste sikkerhetsmargin er testet fra ett til syv sekunder, men ikke for alle verdier i mellom. Blant annet

gjelder det verdier der siste sikkerhetsmargin er større enn første sikkerhetsmargin, men også noen andre verdier for å få en overkommelig mengde verdier som kan testes.

Minimum og maksimumsverdiene som skal testes har vært vanskelig å sette på ut fra hva som er realistisk. Siden sikkerhetsmarginen blir målt fra et kjøretøy uten prioritet er i selve konfliktpunktet kan en ikke benytte seg av kritiske tidsluker og følgetid. Siden sikkerhetsmarginen i de fleste situasjoner vil være mindre enn kritisk tidsluke er syv sekunder som maksimal sikkerhetsmargin en overdrivelse. Men for å være sikker at en dekker alle realistiske verdier er det gjort tester helt opp til denne verdien.

Minste verdi som er testet er satt til ett sekund av praktiske hensyn da trinnene mellom hver verdi er på ett sekund. I tillegg er sikkerhetsmarginer på under ett sekund urealistisk i de fleste situasjoner, selv om effekten av dette kunne vært stor på resultatene.

Viketidsfaktorer

Viketidsfaktorene er faktorene som multipliseres med viketid for å vite når sikkerhetsmarginene skal gå fra første til siste. Viketid er satt til 10 sekunder i gjennomsnitt med standard avvik på 2,5 sekunder, minimal- og maksimalverdi på henholdsvis 5 og 15 sekunder. Første viketidsfaktor mellom null og tre, og siste viketidsfaktor mellom én og fem virker fornuftig. Spesielt med tanke på at sikkerhetsmarginene er satt til standardverdier under testene.

Ved å sette første viketidsfaktor mellom null og tre vil en få situasjoner hvor kjøretøyene blir utålmodige med en gang og etter ca. 30 sekunder. Samtidig vil siste viketidsfaktor mellom én og fem gjøre at kjøretøyene vil nå sitt mest utålmodige mellom ca. 10 og 50 sekunder. Verdier ut over 50 sekunder virker ikke veldig fornuftige.

Siktparametre

Dette er parametrene som angir "sikten" til de simulerte kjøretøyene, både til vikepliktlinjen og langs hovedveg. Som standard er de satt til henholdsvis 25 og 20 meter. Under testene er det testet parameterverdier fra 5 meter til 50 meter for begge parameterverdiene. Øverste verdi er satt på grunnlag av erfaringsverdier fra tidligere tester av parametrene under opplæring og uttesting med programvaren på et tidlig stadium i oppgaven. Når parametrene

har høye verdier får ikke dette signifikante utslag på resultatene.

Verdier ned på fem meter høres allerede intuitivt urealistiske ut, dermed er ikke enda lavere verdier tatt med testene.

Samarbeidsandel

Samarbeidsandelen er testet med en trinnvis økning på 20 % fra 0 til 100 %. Resultatene mellom disse trinnene er antatt å oppføre seg forutsigbart og høyere oppløsning er derfor sett på som unødvendig. Dette er også bekreftet i tester som er gjort, men ikke er omtalt i denne oppgaven.

”Yellow box”-hastighet

”Yellow box”-hastigheten har en øvre praktisk grense som er ved svingehastigheten for den aktuelle svingebevegelsen. Med unntak av denne grensen er det vanskelig å forutsi påvirkningen denne parameteren vil ha for resultatet og verdiene som er valgt ut til å bli testet er derfor mer eller mindre vilkårlige. Verdiene er testet med en økning på fem meter, fra fem til 15 meter for hver svingebevegelse.

Andre parametre

Parameteren for bremseintensitet er testet for alle de tre mulige verdiene som er mulig å velge. Det vil si normal, høy og ekstrem bremseintensitet. Aggressiviteten er angitt som en prosentverdi, og er som samarbeidsandelene testet hver 20. %.

3.3.3 Optimalisering og validering

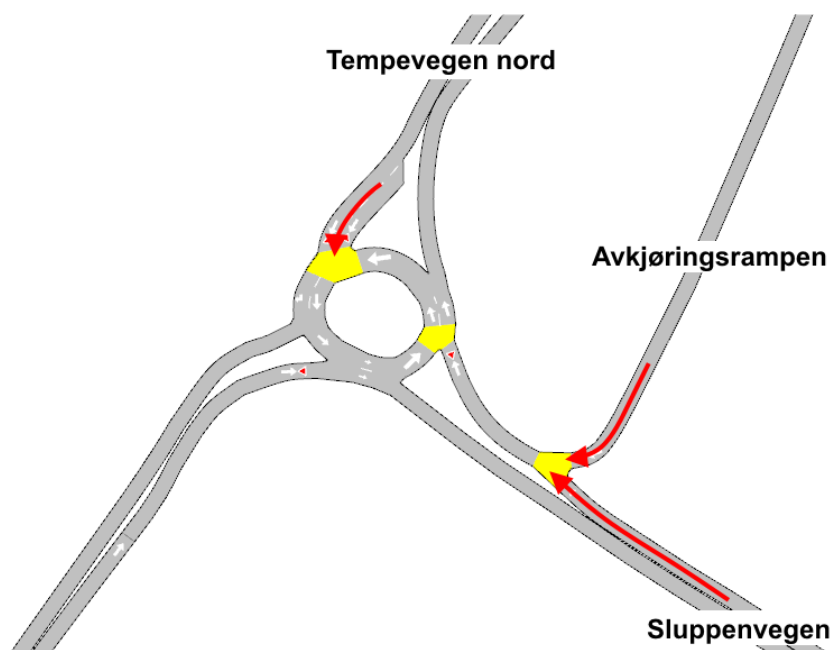
I nettverket som denne oppgaven baserer seg på er det ikke muligheter for kjøretøyene å gjøre rutevalg. Det er heller ikke hentet inn data om hastighetsnivåene i nettverket. Samtidig er det kun i deler av nettverket muligheter til å beregne reisetid.

Som i uttestingen av parametrene er det benyttet gjennomsnittlig forsinkelser og avviklet trafikk for å teste validiteten til nettverket. Et vanlig kriterium å bruke er GEH-verdier for

trafikkvolum mindre enn fem. Det er ikke funnet kriterier som passer for de gjennomsnittlige forsinkelsene da de reagerer med store utslag ved små forandringer.

Resultatene i grovkalibreringen gir klare indikasjoner om at samarbeidsmodellen og modellen med "yellow box"-kryss gir resultater som stemmer best med observert trafikkbildet. Da samarbeid ikke skjer før det har oppstått tilbakeblokkeringer i virkeligheten er det bestemt å benytte modellen der samarbeid er aktivert fra 15:30 for å få en så optimalisert modell som mulig. Dermed er det en modell som i teorien skal kunne beskrive det som skjer i virkeligheten meget bra. Tidspunktet for samarbeid er valgt med tanke på når kjøppbyggingen omtrent begynner i modellene, med en liten ekstra buffer så en er sikker på at den starter tidlig nok.

Målinger av avviklet trafikk og gjennomsnittlige forsinkelser er gjort for Tempevegen nord, avkjøringsrampen og Sluppenvegen (3.21). Tallene på disse stedene for samarbeidsmodellen, "yellow box"-modellen og faktiske målte verdier er sammenlignet. Både totale verdier og verdier for hvert 15. minutt er benyttet for å være sikker på at avviklingen og forsinkelsene fordeler seg riktig over hele den modellerte perioden. Selv om modellene har relativt like totalverdier, kan de forløpe seg annerledes over den totale perioden, og en har dermed flere måter å sammenligne modellene mot hverandre og mot registrert data fra virkeligheten.



Figur 3.21: Registreringspunktene Tempevegen nord, avkjøringsrampen og Sluppenvegen.

For å øke validiteten til modellene er det også gjort sammenligninger med data fra tirsdag. Ved å benytte nye OD-matriser for tirsdag og sammenligne med tirsdag vil en se om modellen fungerer godt under litt annerledes forhold. Selv om det er relativt små forandringer som er gjort, vil dette gi en ekstra pekepinne på hvor godt modellen beskriver trafikkbildet.

3.4 Etterarbeid

Ved valg av analyser av resultatene en har kommet fram til må en bestemme seg for hvordan en best kan vise fram resultatet på en fornuftig måte som også gir noen svar i forhold til problemstillingen.

3.4.1 Metode for å beskrive resultater fra parameter testingen

Testene parametrene går gjennom måles etter hvor stor innvirkning endringene har på avvirket trafikk og gjennomsnittlige forsinkelser i Tempevegen nord, Sluppenvegen og på avkjøringsrampen. Valget om å måle resultatene i endringer i avvirket trafikk og gjennomsnittlige forsinkelser er tatt på grunn av at disse målenhetene til sammen beskriver trafikkbildet i et nettverk svært godt. En kunne også benyttet seg av for eksempel reisetider gjennom nettverket, gjennomsnittlige stopptider eller andre målbare trafikkparametre, men dette er valgt bort da avvirket trafikk og gjennomsnittlige forsinkelser er sett på som praktisk enkle å innhente samtidig som de egner seg til å måle effekten av endringene i parameterverdiene.

Da målet med testene er å se hvilken innflytelse disse parametrene har på resultatene, hjelper det ikke å benytte kun faktiske differanser. En må også ta med den prosentvise forskjellen i resultatene. Ved å benytte både prosentvise og faktiske forskjeller får en et større innblikk i resultatene, uansett hvilken størrelse verdiene for avvirket trafikk og gjennomsnittlige forsinkelser har i utgangspunktet. Forskjellene og de prosentvise forskjellene måles med utgangspunkt i resultater dersom en benytter standardverdier.

Resultatene blir benyttet til å bestemme hvordan parametrene skal benyttes til kalibrering i slike situasjoner.

Sammenligning av modellene og observert data

Modellene samarbeid fra 15:30 og "yellow box" blir sammenlignet med hverandre og registrert data fra tirsdag og onsdag. "Yellow box"-modellen er benyttet i sammenligningen for å se hvordan en mer urealistisk modell som klarer seg sammenlignet med en mer realistisk modell som benytter samarbeid når det oppstår tilbakeblokkeringer. Det er sett på GEH-verdier fra trafikkvolum, faktisk trafikkvolumer og gjennomsnittlige forsinkelser. En kan se på flere parametre for å se enda nærmere på hvordan modellen fungerer, men dette er ikke tatt hensyn til i denne oppgaven.

Modellene er også sammenlignet med registrert data for avvirket trafikk og gjennomsnittlige forsinkelser for å vite hvor god modellene faktisk er til å beskrive virkeligheten, og hvilke parameterverdier som er benyttet for å beskrive situasjonen best mulig.

4 Resultater og diskusjon

Denne delen av oppgaven består av fire deler. Oppbyggingen av hver del er forklart under.

Tester fra opplæring

Under opplæringen i bruk av Aimsun som et modelleringsverktøy er det samtidig utført en del tester i et fiktivt t-kryss. Resultatene fra opplæringen er presentert i denne delen.

Parametrenes innvirkning på trafikkbildet

Denne delen tar for seg resultatene fra parameter testingen på to utvalgte kryss i nettverket. Hver enkelt parameter er gått gjennom en etter en. For hver parameter er først resultatene presentert, før det er vurdert og diskutert hva resultatene faktisk innebærer.

Til slutt er det sett på resultatene fra forsøket på å optimalisere parameterverdier. Etter resultatene er presentert vil det følge en vurdering av resultatene.

Bestemme parameterverdier

Her blir parametrenes påvirkningsgrad diskutert sammen med metoder for å komme fram til verdier av parametrene.

Vurdering av Aimsun 8.1

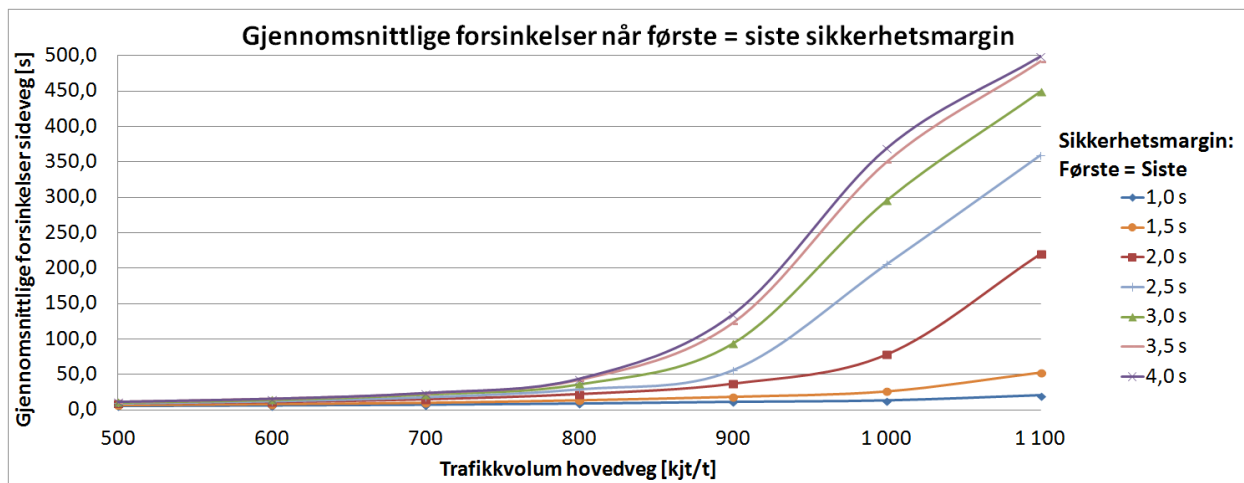
Aimsun versjon 8.1 er i denne delen diskutert med tanke på å egnethet til å beskrive situasjoner hvor vikeplikt, prioritet og samarbeid inngår i ulike typer kryss.

4.1 Tester under opplæring

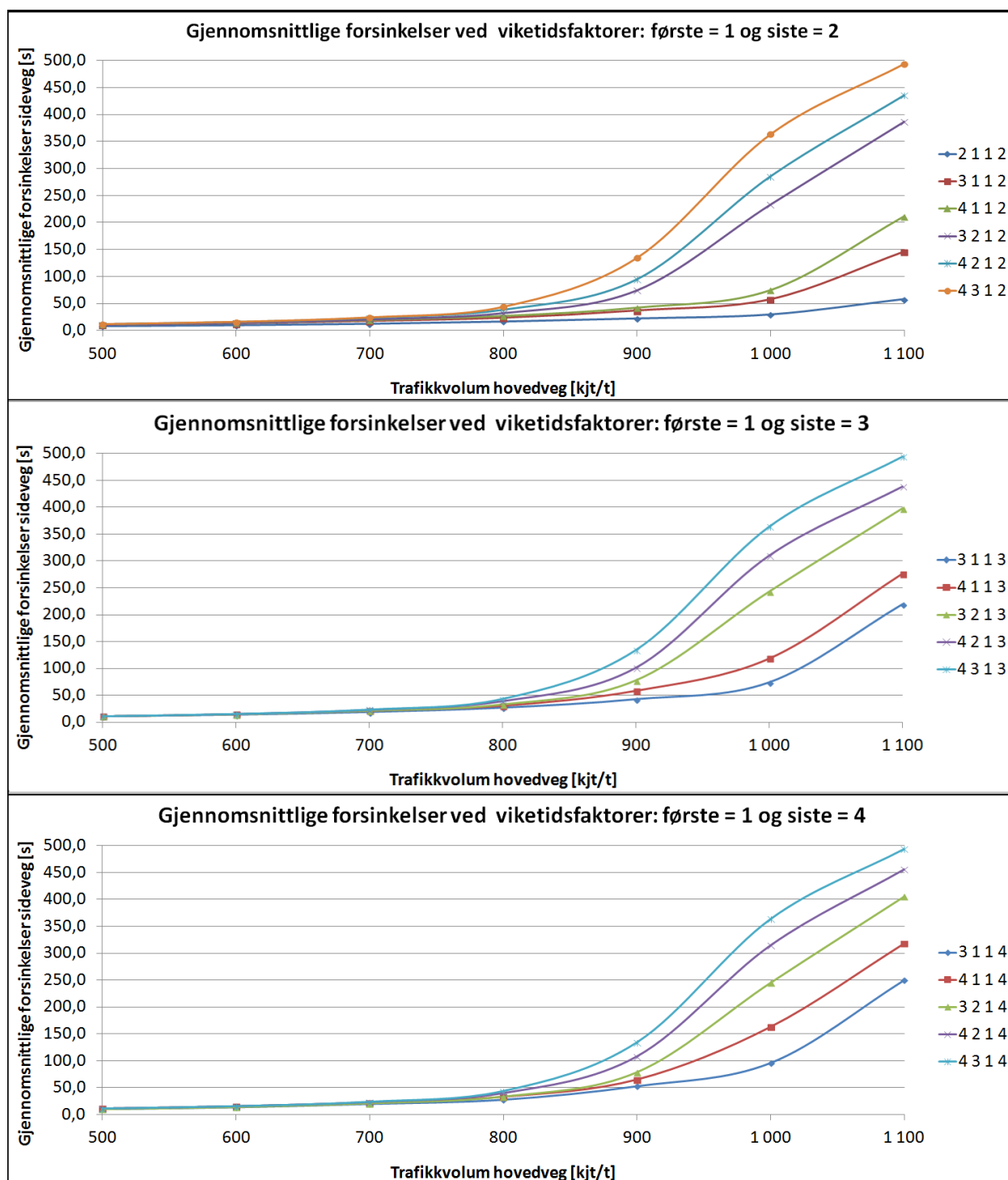
Resultatene fra disse testene er presentert i figur 4.1, 4.2 og 4.3 i tillegg til tabell 4.1. Figurene viser hvordan gjennomsnittlige forsinkelser varierer med trafikkvolum på hovedvegen ved forskjellige parameterverdier for sikkerhetsmarginene og viketidsfaktorene. Verdien på parametrene er presentert på måten A B C D, hvor:

- A er første sikkerhetsmargin.
- B er siste sikkerhetsmargin.
- C er første viketidsfaktor.
- D er siste viketidsfaktor.

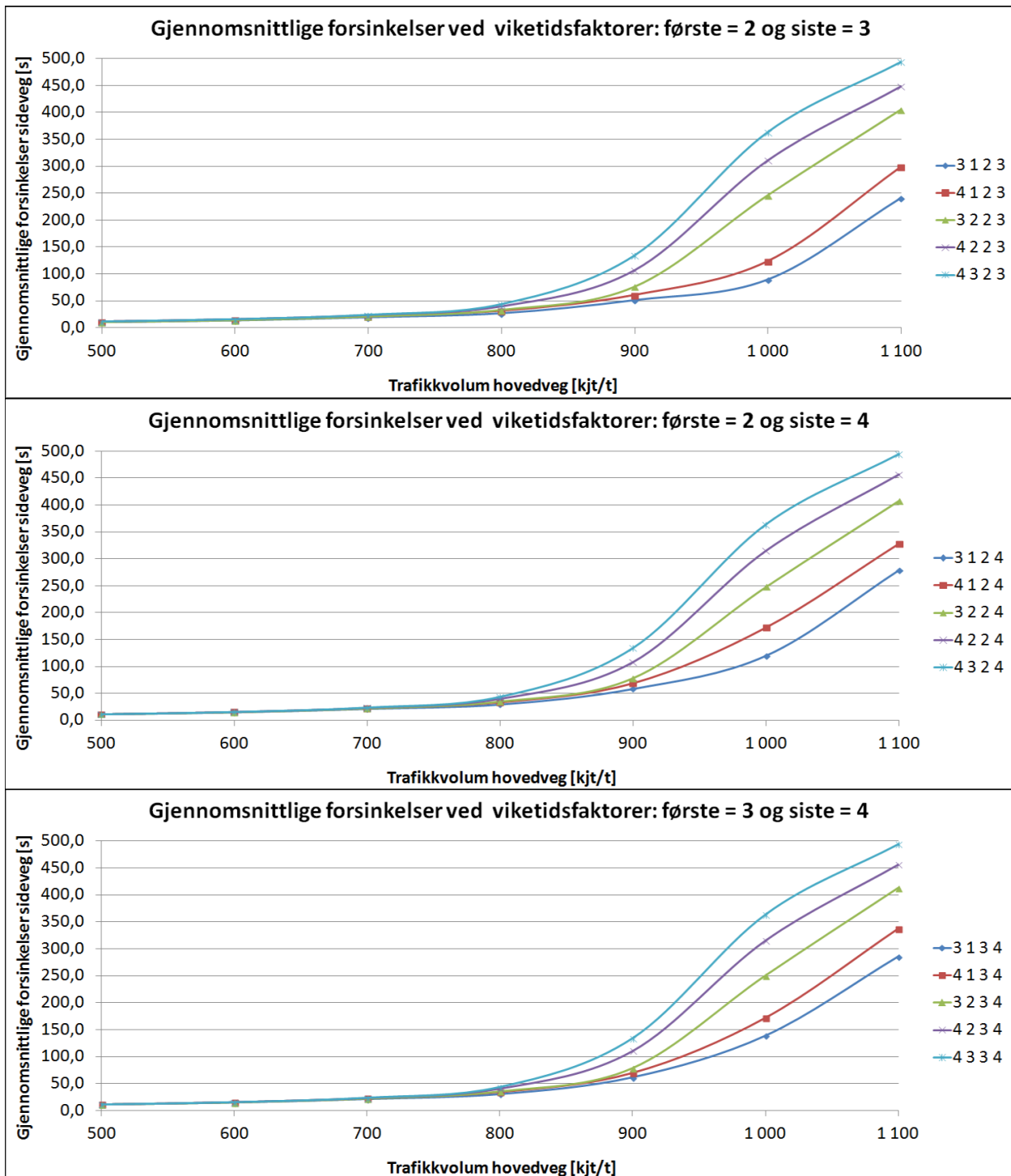
Eneste unntak er figur 4.1 som viser resultater når første sikkerhetsmargin = siste sikkerhetsmargin.



Figur 4.1: Gjennomsnittlige forsinkelser når første sikkerhetsmargin = siste sikkerhetsmargin.



Figur 4.2: Gjennomsnittlige forsinkelser for forskjellige verdier av sikkerhetsmarginene når viktidsfaktorene er konstante.



Figur 4.3: Gjennomsnittlige forsinkelser for forskjellige verdier av sikkerhetsmarginene når viketidsfaktorene er konstante.

For samtlige trafikkvolum er det også beregnet ut største, minste, gjennomsnitt og median av gjennomsnittlige forsinkelser for alle de uttestede parametrene i tabell 4.1.

Gjennomsnittlige forsinkelser i sideveg				
Trafikkvolum hovedveg	Maks	Min	Gj.snitt	Median
500 kjt/t	11,3 s	5,4 s	10,6 s	11,0 s
600 kjt/t	15,6 s	6,3 s	14,3 s	14,9 s
700 kjt/t	23,8 s	7,3 s	21,0 s	21,5 s
800 kjt/t	43,9 s	8,9 s	33,7 s	33,8 s
900 kjt/t	135,0 s	11,3 s	81,9 s	77,4 s
1000 kjt/t	369,5 s	13,3 s	219,7 s	245,5 s
1100 kjt/t	499,1 s	20,5 s	357,6 s	405,7 s

Tabell 4.1: Maks, min, gjennomsnittlig og median av gjennomsnittlige forsinkelser i sideveg.

Vurdering

Hovedfunnene av disse testene er at sidevegen med trafikkvolum på 500 kjt/t i modellen blir først veldig påvirket av trafikkvolumer over ca. 800 kjt/t på hovedvegen med tanke på gjennomsnittlige forsinkelser. Påvirkningsgraden kan variere veldig mye ettersom hvilke parameterverdier en har for spesielt sikkerhetsmarginer.

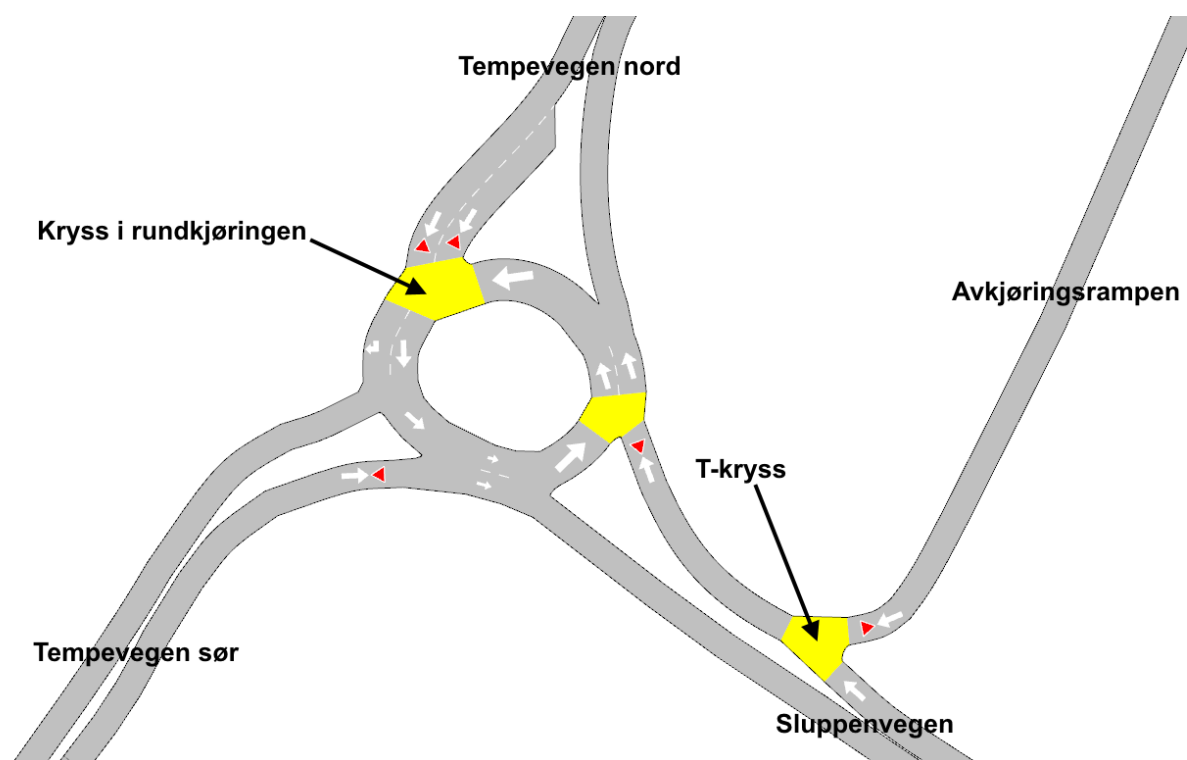
Videre ser en av figur 4.2 og 4.3 at selv om en endrer viketidsfaktorene vil en få veldig like resultater for de forskjellige verdiene av sikkerhetsmarginer. Kun ved lave verdier av viketidsfaktorene har de merkbare innvirkninger på resultatene.

En kan også se at dersom en setter første sikkerhetsmargin lik siste er de gjennomsnittlige forsinkelsene mest sensitive ved endringer hvor sikkerhetsmarginene er under 2,5 sekunder.

Til slutt kan en se av tabell 4.1 at det er stor avstand mellom største og minste verdi, men gjennomsnittsverdien og median ofte er nær den største verdien. Det vil si at det er veldig få parametre som gir de veldig små verdiene for gjennomsnittlige forsinkelser, noe som også er bekreftet av figurene.

4.2 Test av parametre i studieområde

Avviklet trafikkmengde og totale gjennomsnittlige forsinkelser i modellene kan påvirkes gjennom å variere verdiene til parametre. I denne delen vil alle resultatene fra parameterrestene bli presentert og analysert. Det som er interessant å vite er blant annet i hvor stor grad resultatene blir påvirket ved å variere parametrene. I resultatene er det oppgitt største og minste prosentvise endring i forhold til resultatet dersom en benytter standardverdier, i tillegg til at faktiske verdier for gjennomsnittlige forsinkelser og avviklet trafikk er plottet mot parametrenes verdier.



Figur 4.4: De aktuelle nodene som parametrene blir endret i.

De to krysset som er testet med forskjellige parametre er krysset som forbinder Tempevegen nord med rundkjøringen, og t-krysset hvor avkjøringsrampen til omkjøringsvegen møter Sluppenvegen. De to stedene som er blitt kontrollert for avviklet trafikkmengde og totale gjennomsnittlige forsinkelser er Tempevegen nord og avkjøringsrampen til omkjøringsvegen (figur 4.4). Endringer av parametre i et av krysset kan påvirke hva som skjer i andre tilfarer

i både det aktuelle krysset og andre kryss i nærheten. Til tross for at en slik påvirkning skjer er det kun sett på den tilfarten som har vikeplikt.

Selv om krysset som befinner seg i rundkjøringen også kan sees på som et t-kryss er det flere forskjeller mellom de to kryssene. Forskjellene gjør at det er flere mer enn trafikkmengder som kan påvirke resultatene for de to kryssene. Forskjellene er listet opp i tabell 4.2.

Egenskap	Rundkjøring	T-kryss
Fra tilfart m/vikeplikt:		
Antall kjørefelt	2	1
Fartsgrense	50 km/t	60 km/t
Svingehastighet	20 km/t	30 km/t
Fra tilfart u/vikeplikt:		
Antall kjørefelt	1	1
Fartsgrense	10 km/t	60 km/t
Svingehastighet	15 km/t	30 km/t

Tabell 4.2: Forskjeller mellom de to kryssene i parametertestingen.

Som beskrevet tidligere er parametrene som ikke er testet satt til standardverdier. Disse verdiene er gitt i tabell 4.3.

Parameter	Standardverdi
Sikkerhetsmarginer [første-siste]	3-1
Viketidsfaktor [første-siste]	1-2
Sikt til vikeplikt	25
Sikt langs hovedveg	20
"Yellow box"-hastighet	Auto
Samarbeidsandelen (i dette tilfellet)	100 %

Tabell 4.3: Standardverdier.

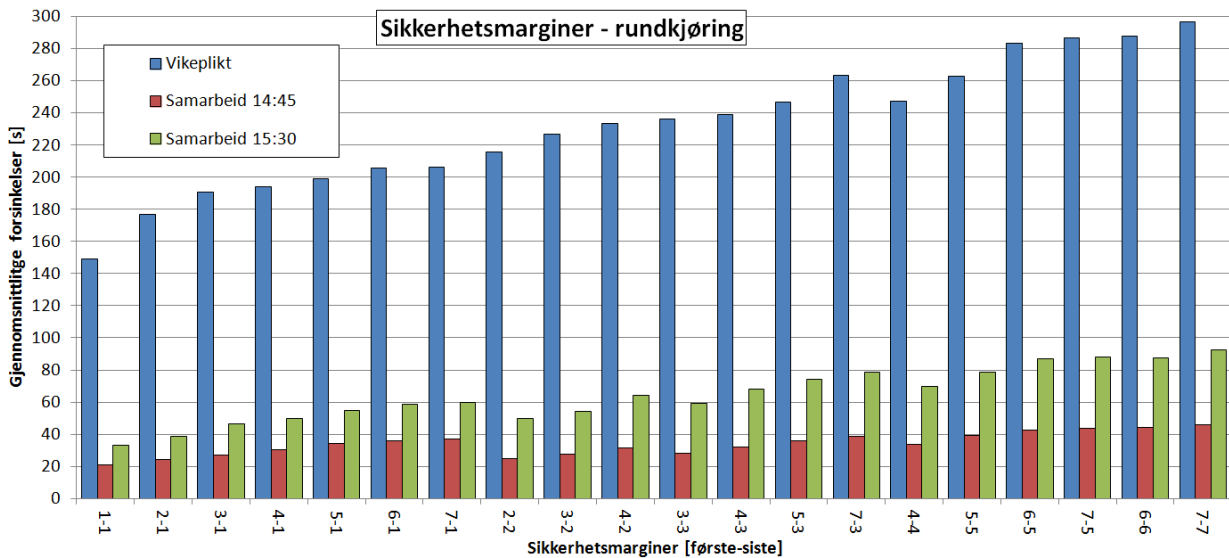
4.2.1 Sikkerhetsmargin

Parametrene beskriver tidsluken kjøretøy uten prioritet trenger til et passerende kjøretøy med prioritet målt i konfliktpunktet. Ideen er at desto lengre et kjøretøy står ved et vikepliktsskilt, desto kortere tidsluke vil kjøretøyet akseptere.

I praksis vil disse verdiene variere svært mye etter hvilken type kjøretøy og fører det gjelder i tillegg til fysisk utforming av kryssene med mer. Akkurat hva som er vanlige verdier for sikkerhetsmarginer i det virkelige liv er vanskelig å måle. Det finnes derimot mange erfaringstall fra kritiske tidsluker. Kritiske tidsluker mellom tre og seks sekunder er ikke uvanlig. Sikkerhetsmarginene vil naturlig nok være mindre enn kritiske tidsluker i gjennomsnitt ut fra hvordan de er definert. Derfor er sikkerhetsmarginene testet fra verdiene én til syv. Sikkerhetsmarginer på syv sekunder er kanskje overdrevent store, men en vil få svar på hvor store virkninger slike tidsluker har.

Sikkerhetsmarginene er i resultatene benevnt på formen x-y, hvor x er første sikkerhetsmargin og y er siste sikkerhetsmargin.

Endring av sikkerhetsmarginer i rundkjøring



Figur 4.5: Gjennomsnittlige forsinkelser i Tempevegen ved forskjellige parameterverdier for sikkerhetsmarginene i rundkjøringen.

Prosentvis endring i forhold til standardverdier for sikkerhetsmarginer - rundkjøring				
Modell	Avviklet trafikk		Gjennomsnittlige forsinkelser	
	Maks	Min	Maks	Min
Vikeplikt	0,52 %	-0,58 %	55,60 %	-21,71 %
Samarbeid (14:45)	1,35 %	-0,03 %	69,83 %	-21,61 %
Samarbeid (15:30)	0,91 %	-0,13 %	100,41 %	-28,55 %

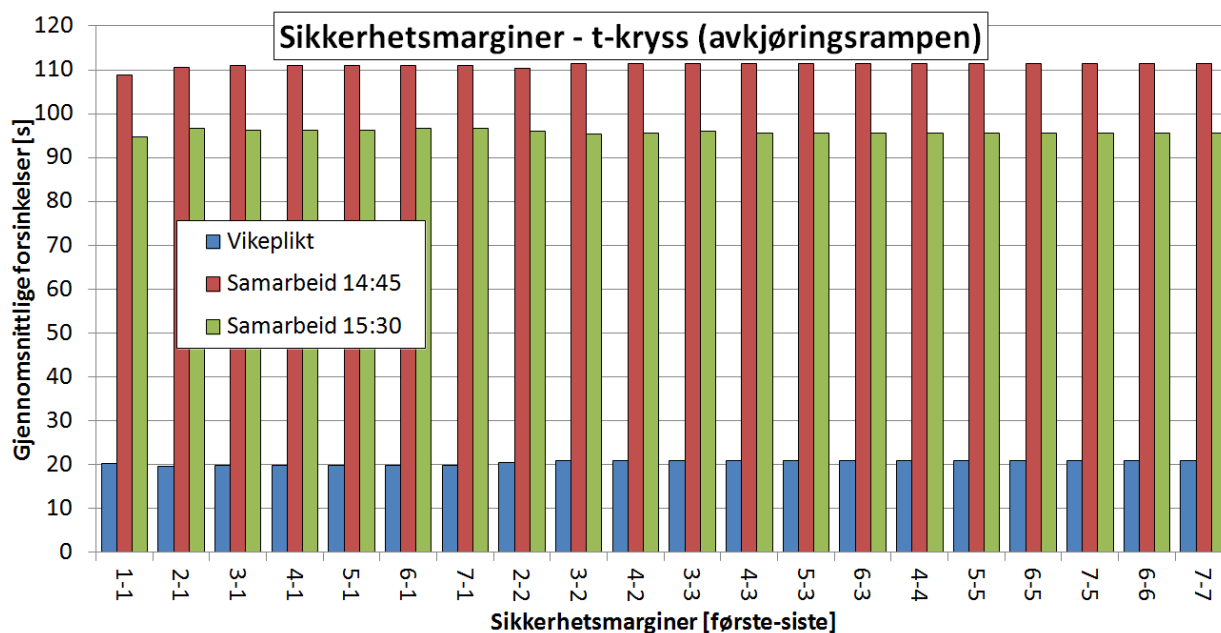
Tabell 4.4: Største og minste prosentvise endring ved variasjon av sikkerhetsmarginer for krysset i rundkjøringen (Tempevegen).

Kommentar:

Figur 4.5 viser at dersom en benytter seg av vikepliktsregler vil de faktiske utslagene på relativ forsinkelse være større enn om en benytter seg av modellene med samarbeid. På grunn av en skala tilpasset de store forsinkelsene til modellen med vikeplikt kan det være vanskelig å se utslagene til de andre modellene.

Dersom en ser på den prosentvise endringen i tabell 4.4 viser det seg at modellen med samarbeid aktivert fra 15:30 er den som varierer mest, mens modellen med vikeplikt varierer minst.

Endring av sikkerhetsmarginer i t-kryss



Figur 4.6: Gjennomsnittlige forsinkelser på avkjøringsrampen ved forskjellige parameterverdier for sikkerhetsmarginene i t-krysset.

Prosentvis endring i forhold til standardverdier for sikkerhetsmarginer - t-kryss				
Modell	Avviklet trafikk		Gjennomsnittlige forsinkelser	
	Maks	Min	Maks	Min
Vikeplikt	0,03 %	-0,01 %	4,89 %	-1,01 %
Samarbeid (14:45)	0,15 %	0,00 %	0,46 %	-1,87 %
Samarbeid (15:30)	0,12 %	-0,01 %	0,51 %	-1,58 %

Tabell 4.5: Prosentvis endring i forhold til resultater for standardverdier på avkjøringsrampen ved variasjon av sikkerhetsmarginer i t-krysset.

Kommentar:

For alle de tre modellene er påvirkningen betydelig mindre når sikkerhetsmarginene er testet i t-krysset enn i rundkjøringen. Avviklet trafikkmengde er omtrent uendret. For de totale gjennomsnittlige forsinkelsene er forskjellene små dersom sikkerhetsmarginene blir endret (figur 4.6). De prosentvise endringene når en øker sikkerhetsmarginene i vikepliktsmodellen er størst, men som en ser av tabell 4.5 er denne endringen kun på ca. 5 %.

Vurdering

Sikkerhetsmarginene i rundkjøringen har en påvirkning på gjennomsnittlige forsinkelser i Tempevegen nord. En vil forvente utslag av å variere sikkerhetsmarginene dersom ikke bruker samarbeid. Timestrafikken $\frac{772kjt}{1,75t} = 441kjt/t$ gir den gjennomsnittlige tidsluken (front-front) $\frac{3600s/t}{441kjt/t} = 8,2s$ for den sirkulerende trafikken (onsdag) i rundkjøringen som passerer Tempevegen nord. Med en slik gjennomsnittlig tidsluke vil det være mange tidsluker som er så små at de er innen for variasjonene i sikkerhetsmarginene.

Videre er det slik at avviklet trafikk i Tempevegen er lite påvirket av endrede verdier for sikkerhetsmarginene i rundkjøringen. Med andre ord er det mulig å få til endringer av betydning i gjennomsnittlig forsinkelse uten at den avviklede trafikkmengden endres nevneverdig.

Det som overrasker er hvordan variasjon i sikkerhetsmarginene påvirker de forskjellige modellene. Dersom en ser i tabell 4.4 ser en at vikepliktsmodellen og modellen med samarbeid fra 14:45 gir omtrent samme prosentvise endringer i gjennomsnittlige forsinkelser. Modellen som benytter seg av samarbeid fra 15:30 får mye større prosentvise endringer enn de to andre modellene. Det er usikkert hvordan samarbeidsmodellen blir påvirket av sikkerhetsmarginene, men det virker som om det er en lignende effekt som ved vikepliktsregler. Altså kjøretøy med lav prioritet er noe mer aggressive ved lave sikkerhetsmarginer og mindre aggressive ved høye sikkerhetsmarginer.

I t-krysset virker parametrene å ha liten påvirkning på totale gjennomsnittlig forsinkelser. Grunnen til lavere sensitivitet enn hva som er tilfellet i rundkjøringen kan være større trafikkmengder, men forskjellige verdier for fartsgrenser, svingehastigheter, ekstra reaksjonstider, antall kjørefelt osv er også en mulighet.

Grunnen for at trafikkmengder er grunnen for liten påvirkning i t-krysset er gjennomsnittlig tidsluke i Sluppenvegen. Den totale trafikkmengden på Sluppenvegen er 364 kjøretøy (onsdag), det vil si en timestrafikk på $\frac{364kj}{1,75t} = 208kj/t$ og en gjennomsnittlig tidsluke (front-front) på $\frac{3600s/t}{208kj/t} = 17,3s$ mellom kjøretøyene. Selv om tidslukene i perioder vil være større vil effekten av sikkerhetsmarginene være synkende med synkende trafikkmengder i trafikkstrømmen med prioritet.

I motsetning til rundkjøringen er det modellen som benytter seg av vikeplikt som er har størst prosentvis endring i forhold til standardverdiene. På den ene siden kan det være at samarbeidsmodellen fungerer forskjellig i de to kryssene noe som virker som en mulighet etter å ha sjekket avviklingene i modellene visuelt. Lengden på lenkene som skal samarbeide virker å påvirke modellen, men dette kan ikke sies med sikkerhet. På den andre siden kan dette bare være tilfeldig utslag da den prosentvise endringen er veldig liten selv om den er større enn for de andre modellene.

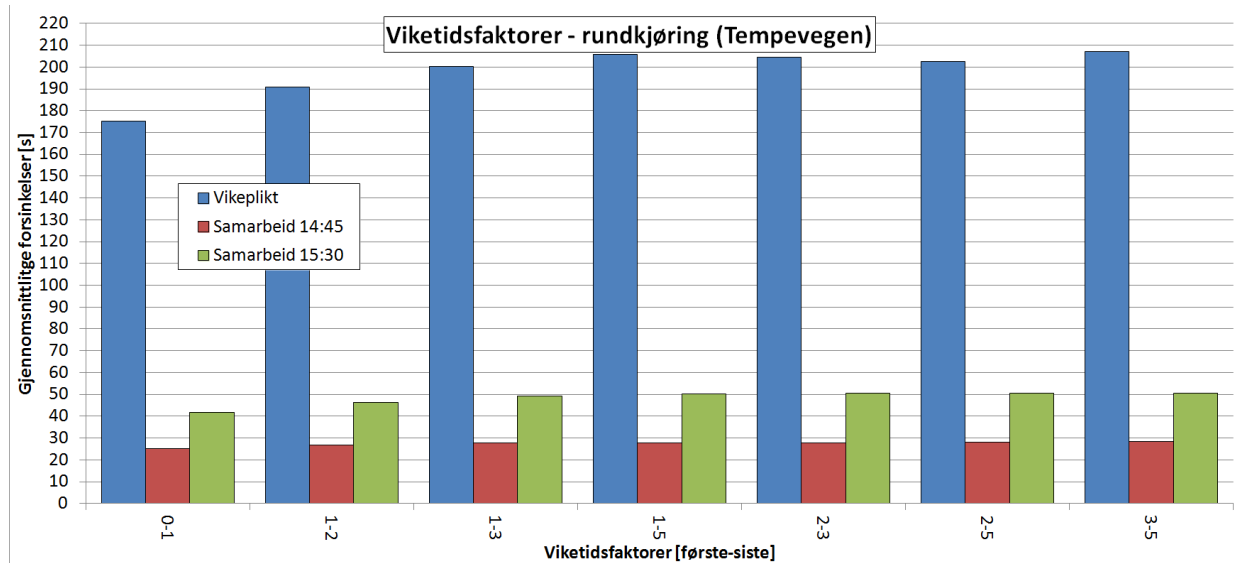
Til sist kan en diskutere om sikkerhetsmarginer under ett sekund burde vært benyttet i testen. Det er ikke umulig at slike små sikkerhetsmarginer forekommer i virkeligheten i tillegg til at de kan ha stor påvirkning på gjennomsnittlige forsinkelser. Dersom en skulle testet lavere verdier for sikkerhetsmarginer kan det diskuteres hvor mye mindre disse burde være for fortsatt å være realistiske verdier for hva som forekommer i virkeligheten.

4.2.2 Viketidsfaktor

Første og siste viketidsfaktor er faktorene viketiden blir multiplisert med for å finne ut hvor lenge første sikkerhetsmargin skal være og hvor lang tid det skal være mellom de to sikkerhetsmarginene. Viketiden hører til under kjøretøy og føreratferd er satt til å være 10 sekunder, med standardavvik på 2,5 sekunder, maksimal og minste verdi på henholdsvis 15 og 2,5 sekunder i alle modellene.

Viketidsfaktor er beskrevet på formen x-y, hvor x er første viketidsfaktor, og y er siste viketidsfaktor.

Endring av viketidsfaktorer i rundkjøring



Figur 4.7: Gjennomsnittlige forsinkelser i Tempevegen ved forskjellige parameterverdier for viketidsfaktorere i rundkjøringen.

Prosentvis endring i forhold til standardverdier for viketidsfaktorene - rundkjøring				
Modell	Avviklet trafikk		Gjennomsnittlige forsinkelser	
	Maks	Min	Maks	Min
Vikeplikt	0,26 %	-0,13 %	8,49 %	-8,19 %
Samarbeid (14:45)	0,11 %	-0,04 %	5,17 %	-6,03 %
Samarbeid (15:30)	0,01 %	-0,17 %	9,37 %	-9,55 %

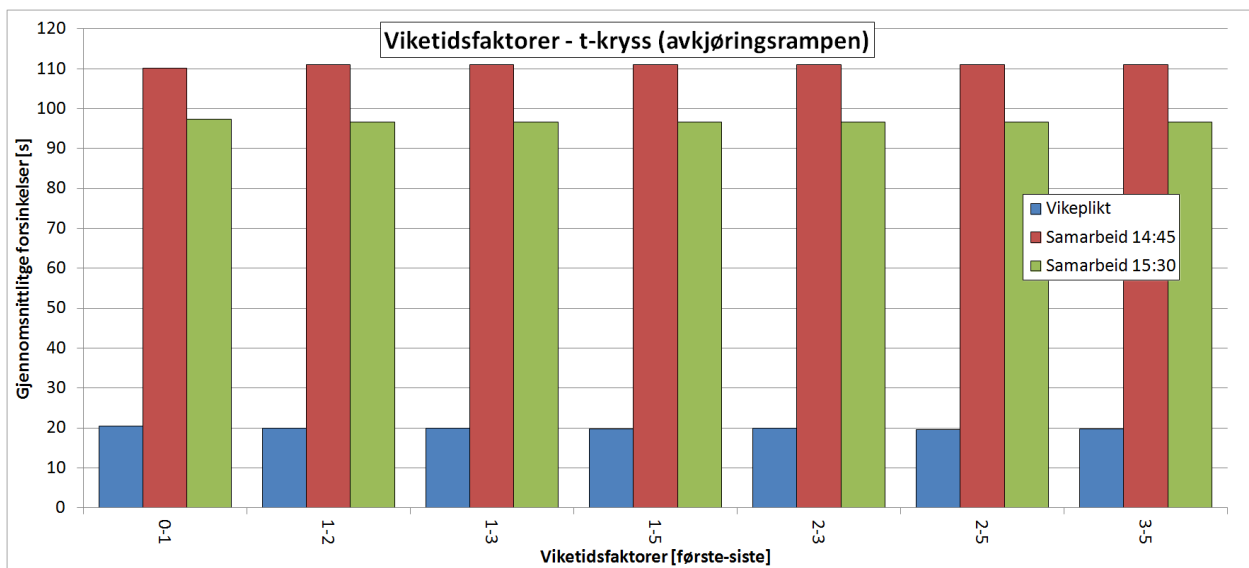
Tabell 4.6: Største og minste prosentvise endring fra standardverdier ved variasjon av viketidsfaktorene for krysset i rundkjøringen (Tempevegen).

Kommentar: De største endringene i gjennomsnittlige forsinkelser kommer når viketidsfaktorene er på lave nivåer (figur 4.7). Altså når første viketidsfaktor er enten null eller én, og når siste viketidsfaktor har en verdi fra én til tre. Dette gjelder for alle modeller.

Tabell 4.6 viser at parametrenes påvirkninger på største og minste prosentvise endring i forhold til standardverdiene er ganske lik for alle tre modeller. Den som skiller seg litt ut er samarbeid fra 14:45 som viser seg å være litt mindre påvirket av viketidsfaktorene.

Avviklet trafikk er veldig lite påvirket uansett modell eller uansett hvilken parameterverdi som blir valgt for disse parametrene.

Endring av viketidsfaktorer i t-kryss



Figur 4.8: Gjennomsnittlige forsinkelser på avkjøringsrampen ved forskjellige parameterverdier for viketidsfaktorene i t-krysset.

Prosentvis endring i forhold til standardverdier for viketidsfaktorer - t-kryss				
Modell	Avviklet trafikk		Gjennomsnittlige forsinkelser	
	Maks	Min	Maks	Min
Vikeplikt	0,04 %	0,00 %	3,02 %	-1,56 %
Samarbeid (14:45)	0,07 %	0,00 %	0,11 %	-0,81 %
Samarbeid (15:30)	0,03 %	-0,02 %	0,72 %	0,00 %

Tabell 4.7: Største og minste prosentvise endring i forhold til standardverdier på avkjøringsrampen ved variasjon av viketidsfaktorene i t-krysset.

Kommentar:

Endring av vikepliktsfaktorene gir små utslag på både avviklet trafikk og gjennomsnittlige forsinkelser på avkjøringsrampen. Den eneste modellen som skiller seg litt ut er modellen som bruker vikepliktsregler. Prosentvis endring i gjennomsnittlige forsinkelser for denne modellen er på ca. 3,0 % over og 1,6 % under resultatene for standardverdier (tabell 4.7).

Vurdering

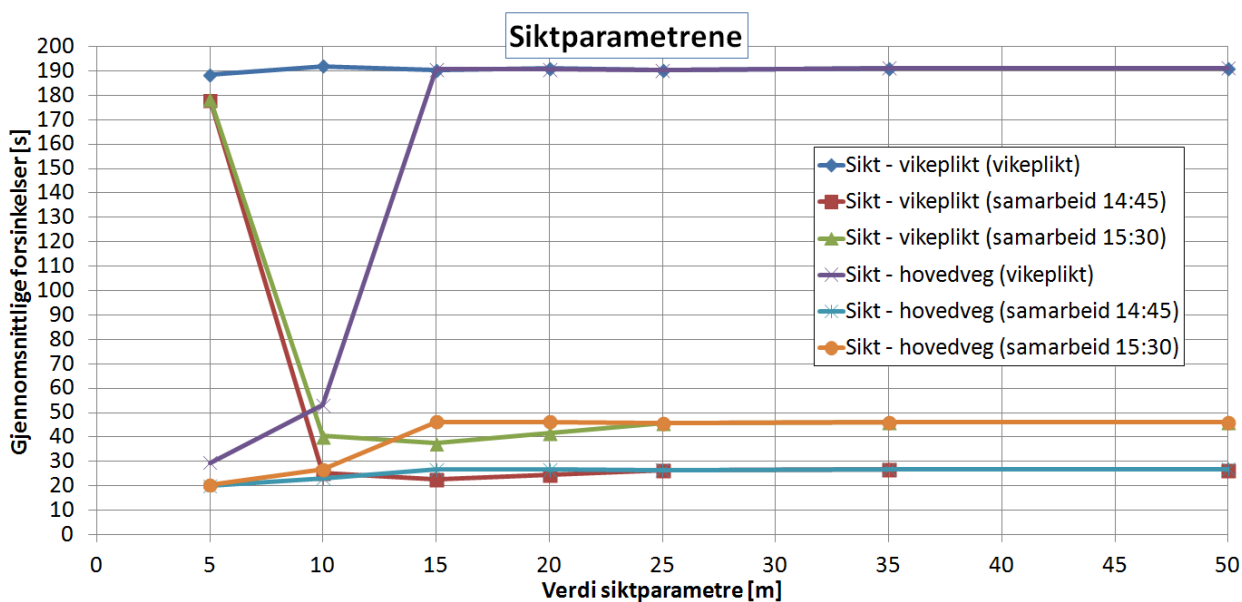
Med verdiene som er testet ut for viketidsfaktorene virker det som om disse parametrene i liten grad kan benyttes til å kalibrere modellene. Årsaken kan henge sammen med hva viketidsfaktorene faktisk gjør, altså angir perioden første sikkerhetsmargin skal vare og tiden mellom første og siste sikkerhetsmargin. Altså kan de hende resultatene kunne blitt annerledes dersom en hadde benyttet andre verdier for sikkerhetsmarginene under testene. På den andre siden indikerer de innledende testene i avsnitt 4.1 at andre sikkerhetsmarginer ikke har stor innvirkning på hvordan viketidsfaktorene påvirker gjennomsnittlig forsinkelser og avviklet trafikk dersom verdiene på disse sikkerhetsmarginene ikke er veldig lave.

Videre har viketidsfaktorene størst innflytelse når parametrene blir endret i rundkjøringen. Altså virker det som om trafikkmengde påvirker disse parametrene. Men også her kan fartsgrense og svingehastighet i tillegg til flere felt i Tempevegen ha påvirket resultatene.

4.2.3 Siktparametrene

Det er to siktparametre i Aimsun. En som beskriver hvor nærme kjøretøyene som er i trafikkstrømmen uten prioritet kan være et vikepliktsregulert kryss før de skal søke etter prioriterte kjøretøy som kan komme i konflikt. Og en som beskriver hvor nærme kjøretøyene uten prioritet må være det vikepliktsregulerte krysset før de faktisk begynner å søke etter kjøretøy i andre trafikkstrømmer som kan komme i konflikt.

Endring av siktparametrene i rundkjøring



Figur 4.9: Gjennomsnittlige forsinkelser i Tempevegen ved forskjellige parameterverdier for siktparametrene i rundkjøringen.

Prosentvis endring i forhold til standardverdier for siktparametrene - rundkjøring				
Modell	Avviklet trafikk		Gjennomsnittlige forsinkelser	
	Maks	Min	Maks	Min
Sikt (vikeplikt):				
Vikeplikt	0,14 %	-0,04 %	0,87 %	-1,00 %
Samarbeid (14:45)	0,09 %	-5,13 %	572,24 %	-14,24 %
Samarbeid (15:30)	0,13 %	-4,90 %	288,75 %	-18,44 %
Sikt (hovedveg):				
Vikeplikt	5,37 %	0,00 %	0,31 %	-84,49 %
Samarbeid (14:45)	0,07 %	0,00 %	0,94 %	-24,52 %
Samarbeid (15:30)	0,04 %	-0,07 %	0,00 %	-55,80 %

Tabell 4.8: Prosentvise endring i forhold til resultater for standardverdier ved variasjon av siktparametrene for krysset i rundkjøringen (Tempevegen).

Kommentar:

Av figur 4.9 kan en generelt si at siktparametrene ikke påvirker gjennomsnittlige forsinkelser nevneverdig over standardverdiene på 25 og 20 meter for henholdsvis sikt ved vikeplikt og sikt langs hovedveg (figur 4.9).

Om en først ser på sikt til vikeplikt ser en at den ikke påvirker modellen som benytter seg av vikepliktsregulering i stor grad. Den største prosentvise endringen i forhold til standardverdiene er en nedgang på én prosent.

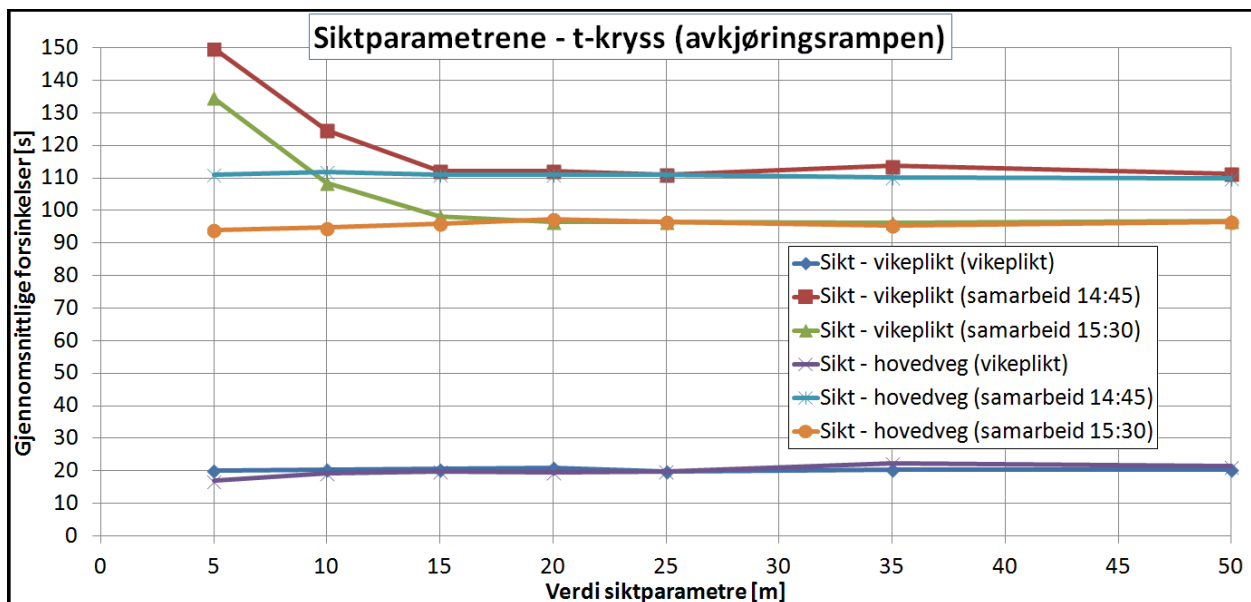
Videre kan en med samme parameter se at utslagene på gjennomsnittlige forsinkelser er veldig store dersom parameterverdien blir endret til fem meter og en benytter seg av samarbeidsmodellen. Maksimal prosentvis endring i forhold til standardverdier er så stor som 570 % i modellen som benytter samarbeid fra 14:45 i følge tabell 4.8

Sikt til vikeplikt påvirker også avviklet trafikkmengde på de samme stedene som gjennomsnittlige forsinkelser endres mye. Det en ser er at avviklet trafikk kan endres med opp til fem prosent i Tempevegen nord.

Parameteren sikt langs hovedveg gir også utslag på prosentvis endring i forhold til standardverdier, men hovedsakelig for parameterverdier på 15 meter og mindre. Modellen med vikeplikt er den som er påvirket mest med tanke på gjennomsnittlige forsinkelser og modellen med samarbeid fra 14:45 blir påvirket minst. Modellen som benytter seg av samarbeid fra 15:30 plasserer seg mellom de andre to modellene.

Avviklet trafikkmengde i modellen med vikeplikt kan bli påvirket av denne parameteren, men også her gjelder det ved lave parameterverdier. Den prosentvise endringen fra standardverdiens resultater er her over fem prosent i avviklet trafikkmengde.

Endring av siktparametrene i t-kryss



Figur 4.10: Gjennomsnittlige forsinkelser på avkjøringsrampen ved forskjellige parameterverdier for siktparametrene i t-krysset.

Prosentvis endring i forhold til standardverdier for siktparametrene - t-kryss				
Modell	Avviklet trafikk		Gjennomsnittlige forsinkelser	
	Maks	Min	Maks	Min
Sikt til vikeplikt:				
Vikeplikt	0,04 %	-0,02 %	5,14 %	0,00 %
Samarbeid (14:45)	0,00 %	-0,80 %	34,84 %	0,00 %
Samarbeid (15:30)	0,02 %	-0,84 %	39,33 %	-0,35 %
Sikt langs hovedveg:				
Vikeplikt	0,11 %	-0,06 %	14,42 %	-13,24 %
Samarbeid (14:45)	0,12 %	-0,17 %	0,77 %	-0,96 %
Samarbeid (15:30)	0,22 %	0,00 %	0,00 %	-3,44 %

Tabell 4.9: Prosentvise endring i forhold til resultater for standardverdier ved variasjon av siktparametrene i t-krysset (avkjøringsrampen).

Kommentar:

Sikt til vikeplikt påvirker resultatene for gjennomsnittlige forsinkelser mest dersom samarbeid er aktivert. Om samarbeid er aktivert fra 14:45 eller 15:30 virker ikke å ha stor betydning. Denne siktparameteren påvirker i liten grad de gjennomsnittlige forsinkelsene dersom en bruker modellen med vikepliktsregulering.

Sikt langs hovedveg har større innflytelse på modellen som benytter seg av vikepliktsregulering, enn på modellene som benytter seg av samarbeid i forskjellig grad.

Begge siktparametrene endrer i liten grad avviklet trafikk. Av tabell 4.9 kan en se at ingen av de prosentvise endringene i forhold til resultater til standardverdier avviker med enn ± 1 %.

Vurdering

Hovedkonklusjonen en kan trekke fra resultatene er at siktparametrene kan påvirke gjennomsnittlig forsinkelser i stor grad dersom en endrer siktparametrene til verdier mellom 5

og 15 meter. Verdier under 25 meter kan fortsatt påvirke gjennomsnittlige forsinkelser på en betydelig måte, mens verdier over 25 har liten eller ingen påvirkning på gjennomsnittlige forsinkelser. Altså kan det virke som det er en øvre praktisk grense for hvor parametrene virker inn på gjennomsnittlige forsinkelser. Hvorfor denne grensen virker å være mellom 20 og 25 meter er vanskelig å si noe om, men det kan være at hastigheter og reaksjonstider kan påvirke denne øvre grensen.

Ellers er det verdt å merke seg at sikt til vikeplikt virker å gi størst prosentvis endring som er høyere enn resultatene dersom en benytter standardverdier. Sikt til hovedveg gir inntrykk av å gi gi størst prosentvis endring som er lavere enn hva resultatene dersom en benytter standardverdier er.

Videre kan en se et mønster på hvordan de to siktparametrene påvirker de forskjellige modellene. Modellen som bruker vikepliktsregler virker å være påvirket i større grad av parameteren sikt langs hovedveg. Sikt til vikeplikt derimot har en tendens til å ikke påvirke modellen i like stor grad. Om en ser på de to modellene som bruker samarbeidsmodellen fra 14:45 og 15:30 ser man en motsatt effekt. Samarbeidsmodellen virker å være påvirket av endringer til parameteren sikt til vikeplikt i større grad enn hva som er tilfellet til sikt langs hovedveg. Denne tendensen kan sees i begge kryssene. At modellen som benytter seg av vikepliktsregler påvirkes mest av sikt langs hovedveg virker naturlig, spesielt dersom den prioriterte trafikkstrømmen har et stort trafikkvolum. I denne modellen vil det da bli store forsinkelser. Dersom sikt langs hovedveg er veldig liten, vil ikke kjøretøyene "se" kjøretøyet med prioritet som kan komme i konflikt og dermed kjøre i situasjoner hvor de hadde stoppet om de hadde "sett" og regnet med de prioriterte kjøretøyene.

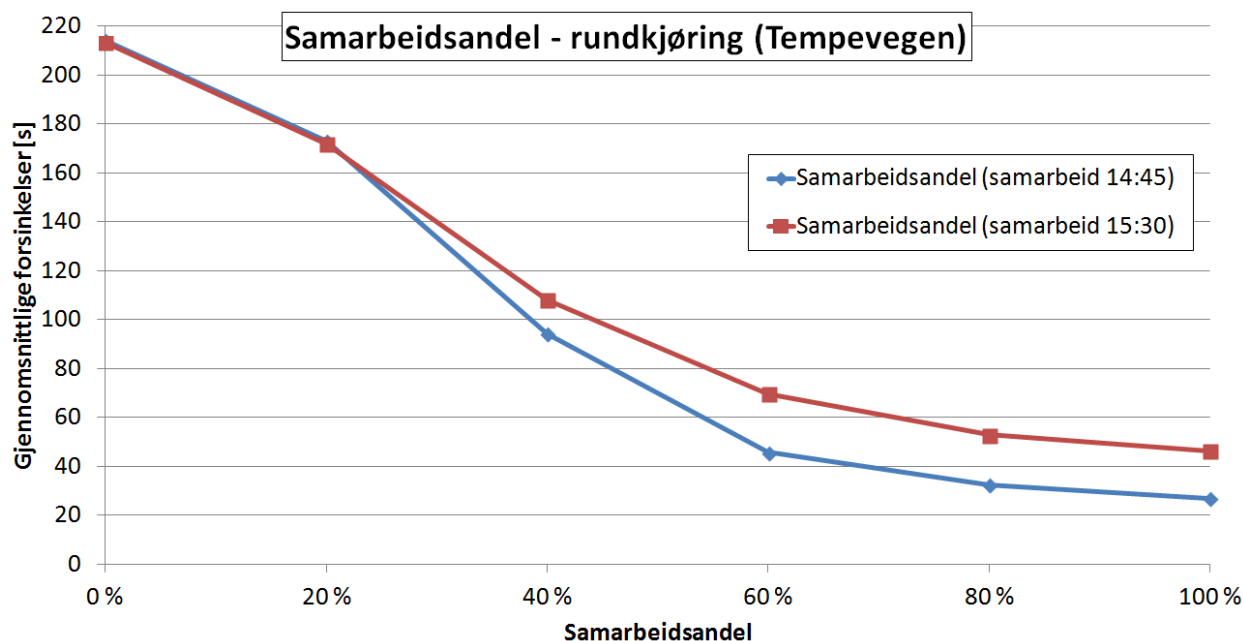
Til sist ser en at rundkjøringen gir større utslag i gjennomsnittlige forsinkelser ved å endre på siktparametrene. Den har også større trafikkmengder i den prioriterte trafikkstrømmen, altså virker det som om trafikkmengdene påvirker parametrene. Igjen kan det være andre faktorer som påvirker de gjennomsnittlige forsinkelsene forskjellig i de to kryssene som for eksempel fartsgrenser, svingehastigheter, ekstra reaksjonstider og ekstra kjørefelt.

4.2.4 Samarbeidsandel

Samarbeidsandelen er en parameter som har stor innflytelse på hvordan samarbeidsmodellen skal virke. Parameteren beskriver andelen kjøretøy som samarbeider når to trafikkstrømmer

møtes. Samarbeidsandelen er testet fra 0 til 100 % med intervall på 20 %. Under testene er 0 % samarbeidsandel satt til standardverdi.

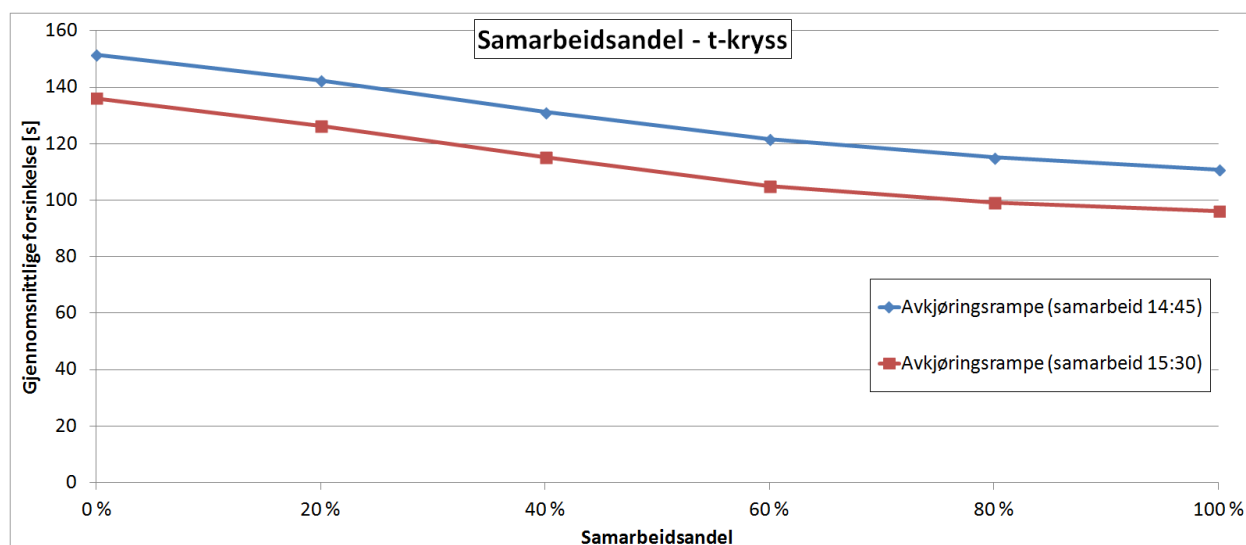
Endring av samarbeidsandel i rundkjøring og t-kryss



Figur 4.11: Gjennomsnittlige forsinkelser i Tempevegen ved forskjellige parameterverdier for samarbeidsandel i rundkjøringen.

Prosentvis endring (i.f.t. 0 % samarbeidsandel) for samarbeidsandeler - rundkjøring		
Modell	Avviklet trafikk	Gjennomsnittlige forsinkelser
Samarbeid (14:45)	5,99 %	696,80 %
Samarbeid (15:30)	6,33 %	361,77 %

Tabell 4.10: Prosentvis endring i forhold til 0 % samarbeidsandel ved variasjon av samarbeidsandel i rundkjøringen (Tempevegen).



Figur 4.12: Gjennomsnittlige forsinkelser på avkjøringsrampen ved forskjellige parameterverdier for samarbeidsandel i t-krysset.

Prosentvis endring (i.f.t. 0 % samarbeidsandel) for samarbeidsandel - t-kryss		
Modell	Avviklet trafikk	Gjennomsnittlige forsinkelser
Samarbeid (14:45)	1,00 %	36,54 %
Samarbeid (15:30)	1,09 %	14,02 %

Tabell 4.11: Prosentvis endring i forhold til 0 % samarbeidsandel, ved variasjon av samarbeidsandel for t-krysset.

Kommentar: Forløpet til de gjennomsnittlige forsinkelsene i forhold til til samarbeidsandelen er formet som en slags speilvendt s-kurve i begge kryssene. I rundkjøringen er denne effekten mer fremtredene og det er større utslag på forsinkelsene (se figur 4.11 4.12). Tabell 4.10 og 4.11 bekrefter dette med at de prosentvise endringene i rundkjøringen er ca. 25 og 20 ganger større for henholdsvis samarbeid fra 14:45 og samarbeid fra 15:30 enn i t-krysset.

Den avviklede trafikkmengden er påvirket og øker i den trafikkstrømmen uten prioritet. Denne økte trafikkmengden er betydelig større i rundkjøringen.

Vurdering

Samarbeidsandelen er naturlig nok en sentral del av hvordan samarbeidsandelen fungerer. Parameterens hensikt er å fordele prioritet fra null prioritet for kjøretøy som har vikeplikt til at prioriteten mellom trafikkstrømmene er lik. Det en må huske dersom en forandrer samarbeidsandelen er at den påvirker avviklet trafikk i større grad enn andre parametre. På en annen side er samarbeidsmodellen ment kun for en spesialsituasjon og burde ikke bli benyttet utenom denne situasjonen.

Parameterens påvirkningsgrad på gjennomsnittlige forsinkelser virker å være avhengig av trafikkmengder i trafikkstrømmene, som de andre parametrene også virker å være.

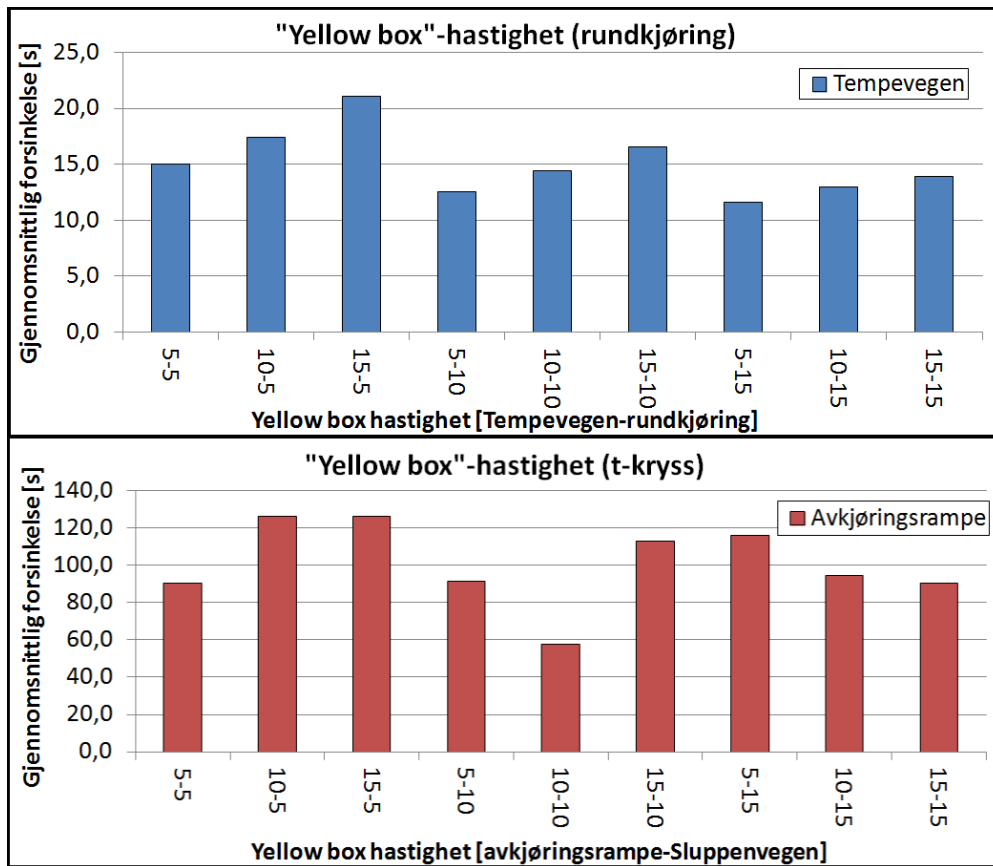
4.2.5 Andre parametre

”Yellow box”-hastighet

Denne hastigheten beskriver den minste hastigheten et kjøretøy kan ha i et ”yellow box”-kryss før krysset telles som opptatt for andre kjøretøy. Når et kryss ikke er regulert med noen regler og er gjort til et ”yellow box”-kryss vil modellen avvikle eventuelle køer med fletting. Flettingen virker noe aggressivt, men det kan virke som det er det kjøretøyet som kommer først til krysset som får kjøre først.

Under testene ble begge svingebevegelsene i et kryss testet med ”yellow box”-hastigheter på fem, ti og femten km/t. Justeringen av ”yellow box”-hastigheten er begrenset av svingehastigheten som er i krysset. Det vil si, dersom ”yellow box”-hastigheten settes tilstrekkelig høyere enn samtlige svingehastigheter vil noden alltid telles som opptatt dersom et kjøretøy befinner seg i den. I figur 4.13 er resultatene gitt på formen x - y , hvor x er ”yellow box”-hastigheten for sidevegen og y er hastigheten for hovedvegen.

Figur 4.13 viser hvordan de gjennomsnittlige forsinkelsene variere med forskjellige verdier for ”yellow box”-hastighet for begge tilfartene i et kryss. Det er lite systematikk i måten denne hastigheten påvirker forsinkelsene og det er derfor en vanskelig parameter og forholde seg til.



Figur 4.13: Gjennomsnittlige forsinkelser i Tempevegen og på avkjøringsrampen ved forskjellige parameterverdier for "yellow box"-hastighet.

Aggressivitet og bremseintensitet

Det er i tillegg sett på andre parametre som hører til under modellen for kjørefeltbytte. Det er blant disse parametrene samarbeidsandelen befinner seg. Samarbeidsmodellen har tette sammenhenger med modellen for kjørefeltbytte og det er derfor naturlig å teste om disse parametrene også har en innvirkning når samarbeidsmodellen er aktivert. Parametrene som er testet ut er aggressivitet og bremseintensitet. Begge parametrene gjorde veldig små utslag på totale gjennomsnittlige forsinkelser og totalt avvirket trafikkmengder. Utslagene er så små at de vil ikke bli kommentert videre i denne oppgaven.

4.3 Sammenligning av modeller og registrert data

Målet med denne delen er å finne parametre som stemmer best mulig overens med den observerte trafikken. I et forsøk på å lage en modell av Sluppenområdet som beskriver trafikksituasjonen så godt som mulig, er det tatt utgangspunkt i modellen som benytter samarbeid fra 15:30. Denne modellen er så sammenlignet med observert data og modellen som benytter "yellow box"-kryss.

Modellene og observert data er sammenlignet med gjennomsnittlige forsinkelser og avvirket trafikk. Først er de sammenlignet opp mot data fra tellingene som er gjort onsdag, før det er laget OD-matriser med data fra tellingene tirsdag som er brukt for å gjøre en enkel validering av modellene.

Oppløsningen på dataen er på 15 minutter. I tillegg er totalene sammenlignet mellom de to modellene og mot observerte verdier. Strekningene som er benyttet til sammenligningen er Tempevegen nord, avkjøringsrampen og Sluppenvegen.

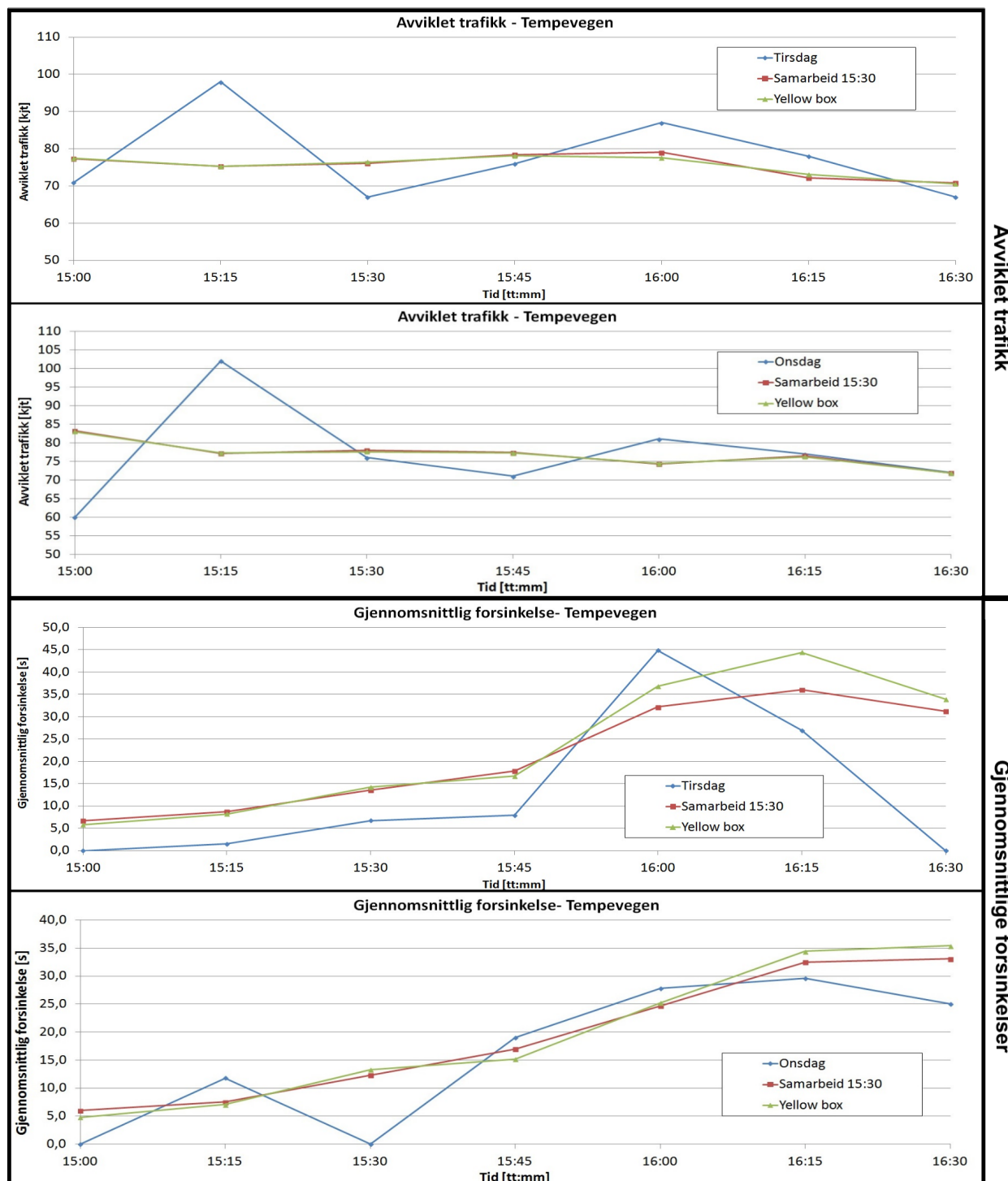
Verdiene til vikeplikts- og samarbeidsparametrene som er benyttet i modellen med samarbeid fra 15:30 er gitt i tabell 4.12.

Parameter	Parameterverdier	
	Rundkjøring	T-kryss
Første sikkerhetsmargin	3 s	3 s
Siste sikkerhetsmargin	1 s	1 s
Første viketidsfaktor	1	1
Siste viketidsfaktor	2	2
Sikt til vikeplikt	25 m	25 m
Sikt langs hovedveg	5 m	5 m
Samarbeidsandel	100 %	100 %
Global:		
Reaksjonstid	0,87 s	
Reaksjonstid ved stopp	1,25 s	
Reaksjonstid ved signalanlegg	1,60 s	
Lokal:		
Ekstra reaksjonstid ved stopp	Hovedveg: 1,0 s	Hovedveg: 0,5 s
	Sideveg: -0,5 s	Sideveg: -0,5 s

Tabell 4.12: Parameterverdier benyttet i best tilpasset modell.

En full liste av alle parameterverdiene som er benyttet for begge modellene finnes i vedlegg F.

Tempevegen



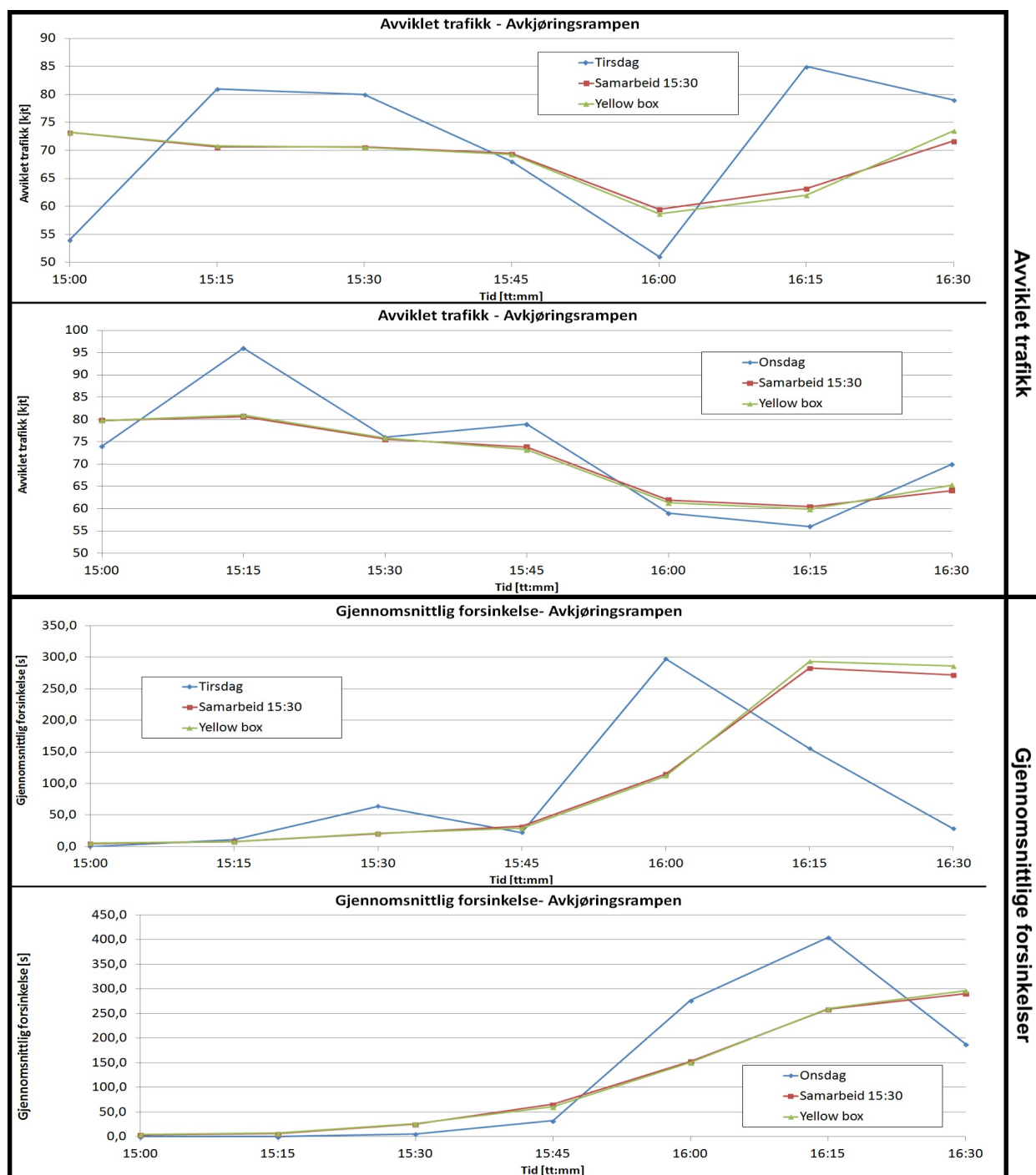
Figur 4.14: Sammenligning av resultater fra modeller i Tempevegen.

Kommentar:

Registrert avviklet trafikk er veldig lik både tirsdag og onsdag. Det er en topp i trafikkvolum fra 15:00 til 15:15 som skiller seg litt ut fra modellene. Ellers er modellert avviklet trafikk veldig lik registrert avviklet trafikk. Modellene er nærmest identiske som en kan se av figur 4.14.

De registrerte gjennomsnittlige forsinkelsene bygges opp og når en topp raskere enn modellene både tirsdag og onsdag. De gjennomsnittlige modellerte forsinkelsene ser ut til å resultere i en utjevnet versjon av de registrerte forsinkelsene. Modellene skiller seg mer ut fra hverandre i de gjennomsnittlige forsinkelsene, men det er fortsatt ikke store forskjeller.

Avkjøringsrampen

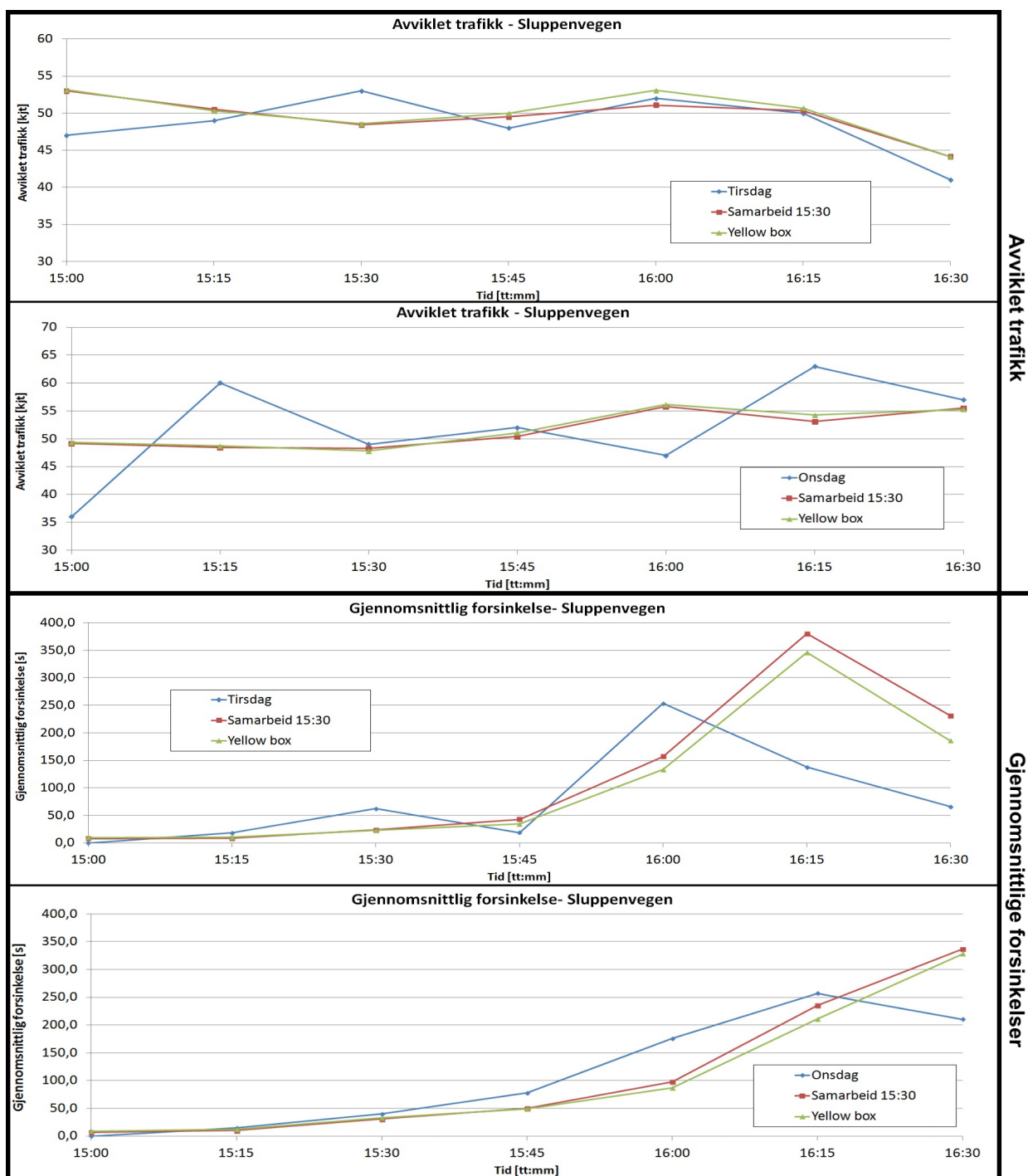


Figur 4.15: Sammenligning av resultater fra modeller på avkjøringsrampen.

Kommentar: Registrert avviklet trafikk varierer mer på avkjøringsrampen fra tirsdag til onsdag enn i Tempevegen. Modellene er nærmest identiske også på denne strekningen, og de følger den registrerte avviklede trafikken jevnt over godt i hele perioden.

De gjennomsnittlige forsinkelsene som er målt for tirsdag er noe mindre enn hva som er målt onsdag. Modellene er også her er noe forskjøvet fram i tid med når de største forsinkelsene inntreffer.

Sluppenvegen



Figur 4.16: Sammenligning av resultater fra modeller i Sluppenvegen.

Kommentar:

Ut fra figur 4.16 ser en at avviklet trafikk for i begge modellene følger registrert trafikk bra over hele perioden tirsdag. Onsdag er den avviklede trafikkmengden mer ujevn og modellene følger ikke den registrerte trafikkmengden like godt.

Avviklet trafikkmengder avviker noe i modellene for Sluppenvegen også. Forsinkelsene bygges opp og får en topp senere enn hva som er registrert.

GEH-verdier og totale gjennomsnittlige forsinkelser

GEH-verdier ved bruk av samarbeidsmodellen fra 15:30						
Tid	Tirsdag			Onsdag		
	Tempev.	Rampe	Sluppenv.	Tempev.	Rampe	Sluppenv.
15:00	0,74	2,41	0,85	2,74	0,66	2,02
15:15	2,44	1,19	0,21	2,63	1,63	1,57
15:30	1,08	1,08	0,64	0,22	0,05	0,10
15:45	0,28	0,17	0,21	0,74	0,59	0,22
16:00	0,88	1,14	0,13	0,76	0,38	1,23
16:15	0,67	2,53	0,05	0,06	0,58	1,30
16:30	0,45	0,84	0,48	0,01	0,73	0,19
Totalt	0,64	0,89	0,38	0,03	0,62	0,17

Tabell 4.13: GEH-verdier for modellen som benytter samarbeid fra 15:30.

GEH-verdier ved bruk av "yellow box"-kryss						
Tid	Tirsdag			Onsdag		
	Tempev.	Rampe	Sluppenv.	Tempev.	Rampe	Sluppenv.
15:00	0,75	2,41	0,87	2,72	0,66	2,04
15:15	2,44	1,16	0,19	2,61	1,60	1,53
15:30	1,11	1,10	0,62	0,18	0,02	0,17
15:45	0,24	0,16	0,29	0,73	0,66	0,13
16:00	1,04	1,03	0,15	0,74	0,30	1,27
16:15	0,56	2,68	0,10	0,09	0,51	1,14
16:30	0,43	0,62	0,48	0,02	0,57	0,23
Totalt	0,67	0,90	0,54	0,06	0,61	0,07

Tabell 4.14: GEH-verdier for modellen som benytter "yellow box"-kryss.

Totale gjennomsnittlige forsinkelser						
	Tirsdag			Onsdag		
	Tempev.	Rampe	Sluppenv.	Tempev.	Rampe	Sluppenv.
Forsinkelser						
- Virkelig	13,2 s	76,5 s	82,1 s	16,4 s	110,3 s	119,1 s
- Samarbeid	20,7 s	101,9 s	119,6 s	18,7 s	103,5 s	115,2 s
- Yellow box	22,6 s	104,9 s	104,8 s	19,0 s	103,9 s	109,3 s
Prosentvis forskjell						
- Samarbeid	56,5 %	33,1 %	45,7 %	14,2 %	-6,2 %	-3,3 %
- Yellow box	70,8 %	37,2 %	27,7 %	15,9 %	-5,9 %	-8,2 %

Tabell 4.15: Sammenligninger av observerte gjennomsnittlige forsinkelser og modellerte gjennomsnittlige forsinkelser.

Kommentar:

Tabell 4.13 og 4.14 viser GEH-verdiene til de to modellene både for tirsdag og onsdag. Som en kan se av tabellene er det svært lite som skiller de to modellene, og begge har svært lave GEH-verdier. Ingen verdier for er større enn tre og for hele den modellerte perioden sett under ett er det ingen verdier som overstiger én.

De totale gjennomsnittlige forsinkelsene er vist i tabell 4.15 sammen med den prosentvise forskjellen mellom modellene og målte forsinkelser. Det er gjennomgående større modellerte forsinkelser i Tempevegen. For avkjøringsrampen og Sluppenvegen derimot er resultatene mer varierte.

Mens modellen med samarbeid aktivert fra 15:30 gir mellom 33,1 % og 56,5 % mer forsinkelser på tirsdag, har modellen som benytter ”yellow box”-kryss uten vikeplikt en noe større spredning og gir mellom 27,7 % og 70,8 % mer forsinkelser den samme dagen. Ellers gir begge modellene veldig like resultater.

Vurdering

Det er lite som skiller de to modellene som skal beskrive trafikkavviklingen ved Sluppenområdet i Trondheim. Begge modellene er i stand til å modellere avviklet trafikk i målepunktene godt innen for grensen for hva som er akseptabelt for modeller. De har begge litt større problemer med å få de totale gjennomsnittlige forsinkelsene til å stemme overens, men også her er de to modellene temmelig like resultater.

Selv om modellene klarer å beskrive de totale gjennomsnittlige forsinkelsene greit, bommer de noe på hvordan disse gjennomsnittlige forsinkelsene forløper seg over perioden. En gjenganger er at forsinkelsestoppene er forskjøvet til et senere tidspunkt. Dersom forsinkelsene ikke har begynt å minke før simuleringsperioden er over er det vanskelig å vite om modellen har nådd maksimale forsinkelser. Dette er spesielt et problem med dataen for onsdag på grunn av større trafikk over en lengre periode på onsdagen. Når OD-matrisene for tirsdagsdata er lagt inn kan en se at forsinkelsene begynner å minke mot slutten av modelleringstiden.

For å få lave nok gjennomsnittlige forsinkelser i Tempevegen nord og på avkjøringsrampen har en måtte benytte seg av veldig lave verdier for sikt langs hovedveg. Parameterverdien er i begge kryssene satt til fem meter, noe som ikke samsvarer med virkeligheten. I t-krysset er sikten noe begrenset på grunn av at trafikken som den prioriterte trafikkstrømmen kommer

fra under en bru, men sikten er til tross for dette langt over fem meter. Dermed er dette ikke et realistisk tiltak om en skal sammenligne siktparameteren med faktisk sikt på stedet, men en får bedre resultater med lave verdier.

4.4 Metode for bestemmelse av parameterverdier

Det finnes flere metoder for å få fornuftige resultater når en utfører mikrosimuleringer. Siden veldig mange parametre påvirker resultatene er det fornuftig å lage seg en oversikt over hvilke parametre en skal starte med og i hvilke situasjoner en skal benytte bestemte parametre.

Sikkerhetsmarginer

Sikkerhetsmarginene som er satt til standard i Aimsun kan beskrive trafikksituasjonene relativt bra. Dersom det er spesielt krevende svinger som fører til at kjøretøyene trenger større luker før de entrer den prioriterte trafikkstrømmen kan det være hensiktsmessig å øke parametrene. Motsatt kan en senke parameterverdiene noe dersom en ønsker mindre forsinkelser. Til normale tilstander virker parametre som er nærme standardverdier å være tilstrekkelig.

En må også huske at parametrenes påvirkningskraft øker med økende trafikk i trafikkstrømmer med prioritet. Dermed kan det ofte være slik at kryss med lave trafikkvolumer ikke trenger kalibrering, mens en i kryss med mye trafikk kanskje må se nærmere på parametrene.

Parametrene har også en innflytelse på hvordan samarbeidsmodellen fungerer og har mulighet til å påvirke forsinkelser med denne aktivert til en viss grad.

Viketidsfaktorene

Viketidsfaktorene har hatt så liten påvirkning på resultatene at disse ikke er benyttet ved andre verdier enn standardverdiene. Det kan dermed ikke utelukkes at de har en funksjon dersom en benytter andre verdier enn standardverdier av for eksempel sikkerhetsmarginene.

I denne oppgaven og ved kalibreringene som er utført har det i alle tilfeller vært mer hensiktsmessig å endre sikkerhetsmarginene i stede for å benytte seg av viketidsfaktorene.

Siktparametre

For å justere kø og forsinkelser kan lave verdier for sikt benyttes. Ved lave verdier kan en få relativt store utslag. Dersom en ønsker mindre forsinkelser på sidevegen og samarbeidsmodellen er aktivert kan en senke sikt langs hovedveg, og dersom en ønsker større forsinkelser kan en senke sikt til vikeplikt.

Et problem som har oppstått ved å benytte samarbeidsmodellen er at forsinkelsene fortsatt blir litt for store i forhold til registrerte forsinkelser langs sidevegene. For å få mer korrekte forsinkelser er parameteren sikt langs hovedveg satt til lavere verdier i begge kryssene.

Det er ikke testet ut hva økende eller minkende trafikkvolum har å si for siktparametrene,

Samarbeidsandel

Samarbeidsmodellen er forholdsvis enkel å forholde seg til. Den største avgjørelsen er å avgjøre om og når den skal aktiveres. I denne oppgaven har det vært hensiktsmessig å aktivere samarbeid gjennom tidsstyring. Sluppenområdet er forutsigbart med tanke på når tilbakeblokkeringene oppstår og en kan gjøre en god antakelse om når samarbeidsmodellen burde aktiveres. Dersom modellen blir aktivert for tidlig har det lite påvirkning på resultatet. Om modellen er aktivert for sent derimot, kan dette få betydning for hvor forsinkelsene oppstår og hvor store de er. En annen mulighet for å aktivere modellen er ved hjelp av triggere. Dersom en finner triggere som aktiverer modellen til de rette tidspunktene er dette den ideelle metoden å aktivere samarbeid på. Det er i denne oppgaven ikke funnet triggere som gir akseptable aktiveringer av modellen da dette er tidkrevende ut tidligere kjennskap til modellen. Dersom en har erfaring med modellen og vet hvilke parametre og verdier til parametre for triggere som aktiverer modellen når det trengs er dette en mer realistisk metode å beskrive situasjonen i Sluppenområdet. Det er usikkert om aktivering med triggere gir veldig ulike resultater og burde derfor undersøkes nærmere.

Andelen som skal samarbeide har stor innvirkning på både forsinkelser og trafikkmengder. Når samarbeidsmodellen er aktuell å benytte seg av er det ofte på grunn av en situasjon med én til én glidelåsfletting. Dermed burde samarbeidsandelen settes til 100 %. Dersom det er observert lavere andel fletting av kjøretøy uten prioritet burde samarbeidsandelen være nedjustert tilsvarende. Det er viktig at flettingen i modellen tilsvarende det observerte

trafikkbilde i størst mulig grad.

Selv med samarbeidsmodellen aktivert er ikke forsinkelsene i trafikkstrømmene uten prioritet så lave som de registrerte forsinkelsene. For å løse dette er det benyttet lave verdier til parameteren sikt langs hovedveg.

Generelt

Mens siktparametrene har sin største nytte i spesielle situasjoner, som å få ned gjennomsnittlige forsinkelser i en trafikkstrøm uten prioritet når samarbeidsmodellen er aktivert, og viketidsfaktorene ikke har resultater som tyder på at de kan påvirke gjennomsnittlig forsinkelse i stor grad virker sikkerhetsmarginene som de mest aktuelle parametrene å benytte seg av. Dersom en hadde funnet ut hvordan korrelasjon mellom sikkerhetsmarginer og kritisk tidsluke hadde vært kunne en benyttet registrert kritisk tidsluke til å bestemme sikkerhetsmarginene. På den måten hadde en forenklet kalibreringsprosessen betydelig. Det å finne en slik korrelasjon er ikke problemfritt av flere grunner:

1. Selv om kritisk tidsluke har en korrelasjon med sikkerhetsmarginer er det ikke sikkert følgetiden har det.
2. Kritisk tidsluke varierer etter flere forhold som, geometri, hastighet, krysstype og svingebevegelser. For eksempel gir venstre sving større kritisk tidsluke enn høyre sving.
3. Sikkerhetsmarginene baserer seg på to verdier og er ikke konstant over tid.

I Danmark og Sverige er det gitt ut veiledninger på hvordan en som både oppdragsgiver [25] og oppdragstaker [21] skal forholde seg til mikrosimulering. En omfattende veileder som beskriver i hvilke situasjoner en skal bruke mikrosimulering, hvordan simuleringen skal være utført i tillegg til å gi anbefalte parametre ville korte ned tidsbruken som en bruker på mikrosimulering betraktelig. En annen fordel med en slik veileder er at en kunne standardisert hvordan en skal utføre mikrosimuleringer og kan dermed sammenligne resultater i større grad mellom ulike aktører.

4.5 Vurdering av Aimsun

I denne delen vil Aimsun bli vurdert i forhold til egnethet til å beskrive vikeplikt, prioritet og samarbeid, med grunnlag i resultatene av simuleringen av Sluppenområdet i Trondheim. Det vil bli gått gjennom forbedringspotensialer og hva som er bra med modelleringsverktøyet.

4.5.1 Generelt

Selv om det å bruke Aimsun som en mikrosimuleringsmodell er veldig tidkrevende kan Aimsun benyttes til å simulere et bredt spekter av reguleringer og utforminger av kryss. Kompleksiteten til programmet gjør at det er tidkrevende å bygge opp modeller som gir fornuftige resultater, og det burde derfor være en viss størrelse på de nettverkene for at det skal være hensiktsmessig med mikrosimuleringer i forhold til tidsbruken. Flexibiliteten i programvaren derimot gjør at et stort spekter av ulike situasjoner i kryss med ulike regler for prioritet, vikeplikt og samarbeid kan simuleres.

En annen mulighet til å forbedre programvaren kan være å legge inn innebygget sensitivitetssanalyser. I dagens programvare kan dette gjøres selv ved å enten lage separate eksperimenter eller scenarioer som også kjører gjennom de samme analysene med andre verdier. Men dersom en for eksempel vil se på et isolert kryss med forskjellige sikkerhetsmarginer må en lage en modell for hver gang en forandrer en verdi på en parameter.

En siste mulighet til å forbedre programmet er å legge inn mulighet til å påvirke fordelingen av hvor tett kjøretøyene kommer inn i modellen på innad i tidsrommet til OD-matrisene. Trafikkvolumet varierer over en dag, og har ofte en topp som varierer i alt fra noen minutter til over en time. Dette kan løses med å lage mange OD-matriser i Aimsun, men det er noe unødvendig og tidkrevende. I programvaren SIDRA Intersection er det mulig å legge inn en såkalt "peak flow factor" [26]. En faktor som fordeler trafikken slik at det får en topp over en viss periode i modelleringen. I Aimsun kunne det vært lagt inn noe lignende. For eksempel en faktor som beskriver en økt andelen (og tilsvarende en mindre del i periodene før og etter) av trafikken i "peak"-perioden og en faktor som beskriver hvor lang denne perioden skal være.

4.5.2 Vikepliktsmodellen

Vikepliktsmodellen har veldig mange parametre om kan stilles i dag. Dette gir Aimsun stor fleksibilitet, men det kan også være problematisk da alle parametrene i vikepliktsmodellen påvirker hverandre. Det kan være mer hensiktsmessig å slå sammen noen av eller alle parametrene. En ville i mange tilfeller fått akseptable med en eller to parametre å kalibrere etter, og prosessen ville vært mindre tidkrevende.

En komplisert modell gir mange muligheter. I en kalibreringsprosess vil det da være veldig mange muligheter å kalibrere modellen etter. Det ikke er noen målbare parametre fra virkeligheten som kan benyttes til direkte for å kalibrere parametre i modellen. Dermed kan kalibrering av vikepliktsmodellen være en tidkrevende prosess. Derfor burde det vært en forenklet mulighet til å kalibrer modellen, for eksempel med en parameter som slår sammen sikkerhetsmarginene, viketidsfaktorene og siktparametrene. Om en fortsatt beholder de originale vikepliktsparametrene vil en dermed selv kunne bestemme detaljeringsgraden i hvordan en vil kalibrer modellene.

4.5.3 Samarbeidsmodellen

Denne oppgaven har i stort grad dreid seg om Aimsuns muligheter til å beskrive situasjoner hvor det tidvis kan oppstå tilbakeblokkeringer. I versjon 8.1 av Aimsun er samarbeidsmodellen introdusert for å gi en bedre simulering av situasjoner med en eller annen form for samarbeid som kan oppstå ved for eksempel tilbakeblokkeringer i enkelte kryss. Modellen gjør at Aimsun kan simulere disse situasjonene mer realistisk enn hva som er mulig med kun bruk av vikeplikt.

Det er noen problemer med samarbeidsmodellen. For det første så må en bestemme seg for hvordan modellen skal bli aktivert. Mulighetene som finnes er at den alltid skal være aktivert, tidsbestemt aktivering, aktivert av en trigger eller aktivert av ekstern programvare. De fleste av disse valgene er enkle å gjennomføre. Dersom en skal aktivere samarbeid ved hjelp av en trigger kan det fort bli noe mer komplisert. Først må en finne ut hvilken eller hvilke parametre som skal aktivere samarbeid, og hvor disse målingene skal forgå. Det er gjort forsøk med detektorer forskjellige steder som skulle aktivere samarbeid ved en gitt betingelse, så deaktivere igjen ved en annen betingelse. Betingelsene er prøvd ut med fart, tetthet og "occupancy" og forskjellige verdier for disse, men modellene ga aldri tilfredsstillende nok

resultater. Samarbeidsmodellen hadde ofte en tendens til å skru seg selv av før det var ønskelig på grunn av sjokkbølger under køavviklingen. Denne sjokkbølgen kom spesielt på grunn av kjøretøy som laget store luker når det skulle samarbeide med et annet som vist på figur 4.17. Dette gjorde at hastigheten blant kjøretøyene som skulle "tette hullet" i køen ble høy, og tettheten lav. Dermed var løsningen å aktivere samarbeid til et forhåndsbestemt tidspunkt.



Figur 4.17: Problem med samarbeidsmodellen.

Det andre er at lenkene som skal flettes sammen burde være en viss lengde. Korte lenker har hatt en tendens til å ha perioder hvor trafikkstrømmen med høyst prioritet ikke stopper for lav prioritet, selv om samarbeidsmodellen er aktivert og samarbeidsandelen er satt til 100 %. Dette skjer spesielt når under sjokkbølger i køavviklingen når trafikkstrømmen med høyst prioritet kommer opp i en høyere hastighet. Motsatt hender det også noen ganger at et kjøretøy venter langt unna krysset når det befinner seg i en trafikkstrøm med prioritet og samarbeider med et kjøretøy i trafikkstrømmen uten prioritet.

Siste problem med samarbeidsmodellen er dersom det er tunge kjøretøy med i modellen. Disse sliter med å komme seg inn i trafikkstrømmen og kan stå en god stund lengre enn vanlige kjøretøy før det finner et kjøretøy i strømmen med høyere prioritet det kan samarbeide med. Når de tunge kjøretøyene står lenge virker det hemmende for hele kjørefeltet det dekker og kan påvirke trafikkavviklingen i stor grad dersom det er mange nok tunge kjøretøy.

En metode som er benyttet for å beskrive samarbeid som observert i studieområdet i denne oppgaven er å benytte "yellow box"-kryss uten noen form for reguleringer. Den ikke kan skrues av og på under simuleringen beskriver ikke situasjonene før og etter på en realistisk måte. Med "yellow box"-metoden virker det som om det er det kjøretøyet som først kommer

til stopplinjen som kjører først. Med denne metoden slipper kjøretøyene å ”kommunisere” med hverandre gjennom bilfølgemodellen. Det kunne vært interessant å se om en metode som baserte seg på at første kjøretøy som kommer til et kryss kjører som en type samarbeid. Dersom den kunne blitt aktivert på samme måte som samarbeidsmodellen ville det vært interessant å sammenligne resultater fra disse.

4.6 Oppsummering

4.6.1 Modellene

Vikepliktmodellen

Aimsun er et modellverktøy med svært mange parametre og store muligheter for å beskrive meget detaljerte situasjoner. Med tilstrekkelig tid er det mulig å få påvirke modellen til å få den kjøretøyoppførselen en vil ha i de fleste situasjoner.

Vikepliktparametrene er parametre som er på et svært høyt detaljeringsnivå. Dermed er dette parametre som burde være blant de siste en justerer når det bygges opp og kalibreres en modell. Modelleringen av nettverket ved Sluppen i Trondheim viste at en kan komme langt ved å finne de rette globale parametrene, spesielt reaksjonstid og reaksjonstid ved stopp. I tillegg til disse parametrene er kjøretøy- og føreratferdsparametre som kjøretøylengder, minste avstand (stillestående) og maksimal akselerasjon også viktige. Når disse parametrene er kalibrerte og det er satt fornuftige svingehastigheter og fartsgrenser der det trengs kan en starte med vikepliktparametrene.

Av de tre typene vikepliktparametre (sikkerhetsmarginer, viketidsfaktorer og siktparametre) virker det som om det er sikkerhetsmarginene og siktparametrene som gjør størst forskjell dersom en kalibrerer modellene etter gjennomsnittlige forsinkelser. For å komme fram til en modell som beskriver studieområdet best mulig er den eneste parameteren som er endre fra standardverdier sikt langs hovedveg.

Før testene startet kunne en tenke seg at innflytelsen sikkerhetsmarginene og viketidsfaktorene spesielt har på gjennomsnittlige forsinkelser kan variere mye etter hvor stort trafikkvolum det er på hovedvegen. Det kan en se tydelig av testene som er gjennomført

under opplæringen hvor trafikkvolum i trafikkstrømmen med prioritet er endret. Videre kan en se samme tendens av resultatene i studieområdet hvor krysset i rundkjøringen, hvor det er større trafikk på vegen med høyere prioritet, gjør at sikkerhetsmarginene og viketidsfaktorene gir større utslag enn ved t-krysset.

Sikkerhetsmarginene påvirker også samarbeid mellom kjøretøy. Økende første sikkerhetsmargin ved konstant siste sikkerhetsmargin gir økte forsinkelser ved den armen som har vikeplikt. Som når kun vikepliktsregler er benyttet, er også sikkerhetsmarginene når samarbeid benyttes påvirket av trafikkmengden langs hovedveg.

Siktparametrene ved rundkjøringen og t-krysset påvirker de gjennomsnittlige forsinkelsene kun ved lave siktverdier. Det kan tenkes at disse parametrene er påvirket av verdien til andre parametre som sikkerhetsverdier.

Samarbeidsmodellen

Dersom en vil modellere situasjoner hvor kapasiteten er sprengt og fletting i kryss oppstår, er samarbeidsmodellen et godt verktøy. Samarbeidsmodellen har stor påvirkningsgrad på hvordan forsinkelsene og avviklet trafikk skal være fordelt mellom armene i et kryss. Resultatene innen avviklet trafikk og totale gjennomsnittlige forsinkelser når modellen er kalibrert, viser at modellen kommer veldig nærme faktiske forsinkelser og avviklet trafikk. I alle fall dersom sammenligningsgrunnlaget er en modell hvor det er kun vikepliktsregler.

Noen problemer er observert når samarbeidsmodellen er aktivert. Et av de viktigste problemene oppstår når køavvikling i den prioriterte trafikkstrømmen får stor hastighet forbi en sideveg på grunn av sjokkbølger i køen. Da kan det passere mange kjøretøy for det igjen oppstår samarbeid. Ofte fortsetter den prioriterte trafikkstrømmen til det enten oppstår en luke som er stor nok til at et kjøretøy fra sidevegen får plass i mellom, eller til det ikke er noe kø igjen i den prioriterte trafikkstrømmen. I testene gjennomført for denne oppgaven var dette oftere et problem i rundkjøringen, enn det var i t-krysset. Det kan virke som samarbeidsmodellen krever en viss lengde på lenkene oppstrøms kryssene for å få til samarbeid på en tilstrekkelig måte. En måte å løse dette på er å sette ned fartsgrensene, men dette kan også påvirke avviklet trafikkmengde.

Et annet problem som har oppstått gjelder modeller med tunge kjøretøy. Tunge kjøretøy virker å slippe betydelig flere kjøretøy forbi i den prioriterte trafikkstrømmen enn hva en

samarbeidsandel på 100 % vil tilsi. Dette skaper lengre køer for trafikkstrømmer uten prioritet, og dermed større forsinkelser. Av denne grunnen er tunge kjøretøy ikke benyttet under noen av testene.

”Yellow box”-modellen

Å bruke ”yellow box”-kryss til å beskrive samarbeid har vist seg å gi gode resultater dersom en ser på avviklet trafikk og gjennomsnittlige forsinkelser. Metoden simulerer fletting på en noe kaotisk måte, men en kan blant annet benytte hastigheter og reaksjonstider til å manipulere atferden til kjøretøyene til en viss grad. Under sammenligningen av avviklet trafikk og gjennomsnittlige forsinkelser med samarbeidsmodellen har denne metoden vist seg å være veldig lik.

Problemet med å benytte seg av denne metoden er at den er lite fleksibel med tanke på at en ikke kan aktivere den underveis i simuleringen og ellers påvirke modellen på en intuitiv måte.

4.6.2 Usikkerhet og feilkilder

Denne oppgaven er hovedsakelig basert på et begrenset datasett som tar utgangspunkt i registreringer over to dager i et lite nettverk. Usikkerheten i forbindelse med datasettet kan derfor være stort, og overførbarheten til andre situasjoner liten. For å få større sikkerhet i resultatene burde det bli sett på flere nettverk og situasjoner hvor lignende situasjoner oppstår.

Under testene som er gjort i forbindelse med opplæring i bruk av modelleringsverktøyet er det kun benyttet fem replikasjoner under testene for hver parameterverdi og hvert trafikkvolum. Resultatene fra disse kan dermed være unøyaktig, men på grunn av enkelheten til nettverket er ikke disse unøyaktighetene ansett til å være store.

5 Konklusjon

I denne delen av oppgaven vil delmålene og problemstillingen bli gått gjennom sett i sammenheng med resultatene i denne oppgaven. Oppgaven har tatt for seg problemstillingen:

Hvordan Aimsun har kunne beskrive vikeplikt, prioritet og samarbeid i ulike krysstyper på en best mulig måte.

Arbeidet er hovedsakelig knyttet til et nettverk ved Sluppen i Trondheim, og det er usikkerheter knyttet til resultatene og overførbarheten til andre områder.

Delmål 1: Kartlegge og beskrive modeller og parametre som påvirker vikeplikt, prioritet og samarbeid i Aimsun, samt teorien som ligger bak disse

Beskrivelsene og modellene, parametrene og teorien bak disse er beskrevet i kapittel 2. I tillegg til vikepliktsmodellen, samarbeidsmodellen og bilfølgemodellen er det fokusert på vikepliktsparametrene.

Kartlegging av hvordan sikkerhetsmarginer og viketidsfaktorer sammen med trafikkvolum påvirker gjennomsnittlige forsinkelser er også gjort. Resultatene fra disse testene viser at sikkerhetsmarginer og viketidsfaktorene gir større utslag i gjennomsnittlige forsinkelser med økende trafikkvolum langs hovedvegen. Det er en usikkerhet knyttet til disse resultatene på grunn av få replikasjoner i testene.

Delmål 2: Finne fram til et mindre nettverk som egner seg for uttesting av modellene og parametrene for så å samle inn nødvendig data fra dette nettverket

Nettverket som er valgt er Sluppenområdet i Trondheim, da det oppfyller alle kriterier som en ville ha og av praktiske årsaker.

Delmål 3: Modellere nettverket etter dagens trafikkbilde og teste ut de utvalgte parametrenes innvirkning på trafikkavvikling

- **Sikkerhetsmarginer:** Har økende påvirkningsgrad ved økt trafikkmengde på hovedvegen. Er mulig å benytte til kalibrering både med og uten samarbeidsmodellen.
- **Viketidsfaktorer:** Disse parametrene har større påvirkning ved økte trafikkmengde på hovedvegen. Virker å ha minst påvirkningsgrad av alle parametrene i vikepliktsmodellen.
- **Sikt til vikeplikt:** Har veldig stor påvirkning ved verdier fra 15 meter og mindre på gjennomsnittlige forsinkelser dersom en benytter samarbeidsmodell. Dersom en ikke benytter seg av samarbeidsmodellen, men kun vikepliktsregulering i stede, gir denne modellen små utslag.
- **Sikt langs hovedveg:** Gir mulighet til å senke gjennomsnittlige forsinkelser på sidevegen ved lave parameterverdier. Gjennomsnittlige forsinkelser er mest sensitive ved verdier fra 25 meter og lavere.
- **Samarbeidsandel:** Har en veldig stor påvirkning på gjennomsnittlige forsinkelser men påvirker også avviklet trafikk. Er forutsigbar i hvordan parameteren påvirker.

Delmål 4: Finne verdier for parametre som stemmer best mulig med det observerte trafikkbildet

Denne oppgaven fokuserer mest på parametre som beskriver vikeplikt og samarbeid. De viktigste parametrene og verdiene til disse som passer best overens med observert trafikkbilde er gitt i tabellen under. Modellen aktiverer samarbeid fra 15:30 og ut den simulerte perioden.

Reaksjonstidene påvirker også disse parametrene og er også lagt inn til slutt.

Parameter	Parameterverdier	
	Rundkjøring	T-kryss
Første sikkerhetsmargin	3 s	3 s
Siste sikkerhetsmargin	1 s	1 s
Første viketidsfaktor	1	1
Siste viketidsfaktor	2	2
Sikt til vikeplikt	25 m	25 m
Sikt langs hovedveg	5 m	5 m
Samarbeidsandel	100 %	100 %
Global:		
Reaksjonstid	0,87 s	
Reaksjonstid ved stopp	1,25 s	
Reaksjonstid ved signalanlegg	1,60 s	
Lokal:		
Ekstra reaksjonstid ved stopp	Hovedveg: 1,0 s Sideveg: -0,5 s	Hovedveg: 0,5 s Sideveg: -0,5 s

Tabell 5.1: Verdier som stemmer best med det observerte trafikkbilde med tanke på gjennomsnittlige forsinkelser og avviklet trafikk.

Delmål 5: Vurdere hvordan aktuelle parametre kan best bestemmes for norske forhold

- **Sikkerhetsmarginer:** Gir ofte gode resultater med standard verdiene. Kan benyttes til å kalibrere gjennomsnittlig forsinkelse for armer i et kryss og er de parametrene en burde starte å kalibrere med av vikepliktparametrene. Spesielt dersom en ikke benytter seg av samarbeidsmodellen.
- **Viketidsfaktorer:** Har gitt små utslag på testene og har dermed en liten påvirkning på resultatene. Dersom en gjør store endringer i sikkerhetsmarginene kan det være hensiktsmessig å endre viketidsfaktorene, men i disse testene kan en få bedre resultat

bare av å se på sikkerhetsmarginer.

- **Sikt til vikeplikt:** Kan påvirke forsinkelser i betydelig grad dersom en benytter lave verdier. Standardverdiene fungerer bra i mange tilfeller.
- **Sikt langs hovedveg:** Lave verdier kan benyttes for å gjøre lavt prioriterte kjøretøy mer aggressive dersom samarbeidsmodellen benyttes.
- **Samarbeidsandel:** Bestemmes ut fra observert andel fletting i det aktuelle krysset.

Delmål 6: Vurdere hvor god Aimsun er til å beskrive situasjonene som er modellert

Aimsun 8.1 er et meget fleksibelt program som gir mange muligheter til å modellere vikeplikt, prioritet og samarbeid. Programmets fleksibilitet gjør at en med nok tid kan modellere mange situasjoner slik at de gjenspeiler virkeligheten. Dersom valget står mellom å benytte seg av Aimsun eller andre modeller, som for eksempel SIDRA Intersection, må en vurdere nytte og kompleksitet opp mot tidsbruk. For å få den oppførselen en ønsker av kjøretøyene i kryss kreves det arbeid i form av utforming av kryss samt å gi riktig inngangsparametre i de aktuelle kryssene.

Modellering av vikeplikt og prioritet i Aimsun ved hjelp av vikepliktsmodellen er ikke noe som påvirker den totale simulering i stor grad. En kan oppnå mye ved å kun kalibrere reaksjonstider og hastigheter, men vikepliktsparametrene gir en større frihet til å modellere spesielle situasjoner i tillegg til at en kan beskrive trafikk på et meget detaljert nivå.

Innføringen av samarbeidsmodellen gjør at en nå kan simulere samarbeid i form av fletting på en mer realistisk måte. Modellen krever fortsatt noe arbeid da for eksempel tunge kjøretøy og sjokkbølger kan ha innflytelse på samarbeidsandelen. Dersom en måler med gjennomsnittlige forsinkelser og avvirket trafikk gir ikke modellen store forskjeller i forhold til en modell som benytter seg av "yellow box"-kryss uten reguleringer. Samarbeidsmodellen beskriver derimot situasjonene før og etter fletting bedre da man kan skru av samarbeidsmodellen når det er lite trafikk.

6 Videre arbeid

I denne oppgaven er det kun sett på vikeplikt, prioritet og samarbeid i forhold til avviklet trafikk og gjennomsnittlige forsinkelser. En mer omfattende analyse vil også se på hvordan andre mål for trafikkbildet blir påvirket av disse parametrene, som for eksempel kapasitet, antall stoppede kjøretøy osv. I tillegg vil det være interessant å gå enda mer i dybden på de parametrene som er undersøkt i denne oppgaven. Spesielt sikkerhetsmarginene som burde være nærmere undersøkt med tettere intervall blant de lave verdiene som er fra ca. 3 sekunder og under. Det burde også undersøkes hvordan siktparametrene varierer med trafikkvolumer.

Videre er denne oppgaven kun begrenset til ett nettverk og dermed kan overføringsverdien fra disse kryssene til andre kryss ikke være mulig. Forskjellige typer kryss gir forskjellig kjøretøyoppførsel, og de kryssene er ikke utformet som "standard kryss". Blant annet har avkjøringsrampen kun envegs-trafikk, i tillegg til at det er en krapp sving inn på Sluppenvegen som kan påvirke kjøretøyatferden noe. Det sammen gjelder for rundkjøringen som heller ikke nødvendigvis er utformet som en "standard rundkjøring". Dermed burde flere kryss gjennomgås for å se om disse gir like resultater.

Til sist er det ønskelig å få til korrelasjoner mellom parametre og data som er mulig å registrere og beregne. Her er det veldig aktuelt å starte med sikkerhetsmarginer og kritisk tidsluke både på grunn av at sikkerhetsmarginene er veldig sentrale parametre i vikepliktsmodellen og på grunn av likheten mellom sikkerhetsmarginer og kritiske tidsluker.

Litteraturliste

- [1] Akcelik R. *Microsimulation and Analytical Models for Traffic Engineering*. Presentation at the ARRB - AUSTRROADS Microsimulation Forum. 2007.
- [2] Sagen R. *Trafikkstrømsteori*. Trondheim : Institutt for samferdselsteknikk, Norges tekniske høgskole, Universitetet i Trondheim, 1993.
- [3] Aakre A. *Traffic Simulation (forelesning: TBA4286)*. 2014.
- [4] Immers L.H. Logghe S. *Traffic Flow Theory*. Emne: Basics of Traffic Engineering. 2002.
- [5] Store norske leksikon. *Meso-*. Hentet 16.02.2015. URL: <https://snl.no/meso->.
- [6] Koppa R.J. “Monograph on traffic flow theory”. In: ed. by Rathi A.K. Gartner N.H. Messer C.J. Federal Highway Administration, 1997. Chap. 3. Human factors.
- [7] Aakre A. *Traffic flow theory - Microscopic models (forelesning: TBA4286)*. 2014.
- [8] Aakre A. *Priority intersections (forelesning: TBA4286)*. 2014.
- [9] Siegloch W. *Die Leistungsermittlung an Knotenpunkten ohne Lichtsignalsteuerung*. Forschungsberichte aus d. Forschungsprogramm d. Bundesverkehrsministeriums u.d. Forschungsgesellschaft für d. Straßenwesen e.V. Bundesmin. f. Verkehr, Abt. Strassenbau, 1973.
- [10] Troutbeck R.J. Brilon W. “Monograph on traffic flow theory”. In: ed. by Rathi A.K. Gartner N.H. Messer C.J. Federal Highway Administration, 1997. Chap. 8. Unsignalized intersection theory.
- [11] Aakre A. *Trafikkstrømsteori, mikromodeller og simulering (forelesning: BA6062)*. 2015.
- [12] Olstam J.J. Tapani A. *Comparison of Car-following models*. Tech. rep. VTI meddelande 960A. Swedish National Road and Transportation Research Institute, 2004.
- [13] Little J.D.C. “A Proof for the Queuing Formula: $L = \lambda * W$ ”. In: *Operations Research* 9.3 (1961), pp. 383–387.

- [14] Transport Simulation Systems. *Aimsun*. Hentet 18.02.2015. URL: http://www.aimsun.com/wp/?page_id=21.
- [15] *Aimsun 8 User's Manual*. TSS - Transport Simulation Systems. July 2014.
- [16] Lovdata.no. *Forskrift om kjørende og gående trafikk (trafikkregler)*. Hentet 19.04.2015. 2014.
- [17] *Aimsun 8 Dynamic Simulators User's Manual*. TSS - Transport Simulation Systems. July 2014.
- [18] Aakre E. Lenorzer A. Casas J. "When Gap Acceptance Does Not Apply – A New Approach". 2014.
- [19] Transport Simulation Systems. *Calibration (presentasjon)*. 2014.
- [20] A.M. Law and W.D. Kelton. *Simulation modeling and analysis*. McGraw-Hill, 1999.
- [21] Vejregelrådet. *Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller*. Vejdirektoratet (Danmark). 2010.
- [22] Wisconsin Department of Transportation. *Microsimulation guidelines*. Hentet 03.06.2015. URL: <http://www.wisdot.info/microsimulation/>.
- [23] Kartverket. *norgeskart.no*. Hentet 02.06.2015. URL: <http://www.norgeskart.no>.
- [24] Bang B. Hjellkrem O.A. "Trafikksimulering Sluppen-Stavne - Beskrivelse av simuleringsmodell og resultater". Notat. 2009.
- [25] Archer J. Cunningham A. *Handledning för nöjda beställare och utförare av mikrosimuleringsuppdrag*. Trafikkontoret (Sverige). 2005.
- [26] *SIDRA Intersection 6.1 user guide*. SIDRA Solutions. Feb. 2015.

Vedlegg

Innholdsfortegnelse - vedlegg

A	Oppgavetekst	A-1
B	Tellinger	B-1
B.1	Rundkjøring Sluppen, tirsdag 03.03.15	B-2
B.2	Rundkjøring Sluppen, onsdag 03.03.15	B-6
B.3	Signalregulert kryss, onsdag 04.03.15	B-10
C	Køregistreringer	C-1
D	OD-matriser	D-1
D.1	Tirsdag	D-2
D.2	Onsdag	D-3
E	Forsinkelser	E-1
F	Parameterverdier	F-1
F.1	Gloale parametre	F-2
F.2	Lokale parametre	F-3
F.3	Kjøretøy og føreregenskaper	F-5

A Oppgavetekst

MASTEROPPGAVE

(TBA4945 Transport, masteroppgave)

VÅREN 2015
for
Petter Skulbru

Modellering av vikeplikt og prioritet i ulike krysstyper i AIMSUN

BAKGRUNN

AIMSUN er en anerkjent modell for å vurdere trafikkavvikling i et gatenett. AIMSUN er en detaljert simuleringsmodell som beskriver trafikken på mikronivå, men det finnes også en meso- og makromodell. I denne oppgaven er det først og fremst mikromodellen som skal vurderes.

For å vurdere trafikkavvikling i et gatenett er det viktig at vi klarer å modellere vikeplikt og prioritet i ulike krysstyper på en god måte. AIMSUN inneholder en rekke parametere for å beskrive dette, og hovedmålsettingen med denne oppgaven er å teste ut ulike modeller og parametere med tanke på bedre tilpasning til norske forhold.

I versjon 8.1 av programmet er det også introdusert en modell for samarbeid mellom ulike trafikkstrømmer i et kryss. Dette vil særlig ha betydning når det er stor belastning og krysset er på virket av nærliggende kryss. Denne delmodellen vil være sentral i oppgaven.

OPPGAVE

Målsettingen med oppgaven er å beskrive og teste ut modeller og parametere for å beskrive vikeplikt, prioritet og samarbeid i ulike krysstyper ved hjelp av AIMSUN.

I den første delen skal kandidaten gi en grundig beskrivelse av AIMSUN versjon 8.1 med hovedvekt på modellering av ulike krysstyper. Parametere som styrer trafikkavviklingen skal diskuteres og vurderes på en detaljert måte slik at en får forståelse for de ulike delmodellene.

Videre skal kandidaten finne fram til et mindre nettverk som egner seg for uttesting av modellene. Studieområdet bør ha et begrenset antall kryss slik at det er enkelt å holde oversikt og rutevalg ikke blir en viktig faktor. I perioder bør det være tilbakeblokkering mellom kryssene i nettverket. Kandidaten skal begrunne valg av studieområde og gi en god beskrivelse av trafikkavviklingen i området. Dette inkluderer nødvendige registreringer og målinger.

I den tredje delen skal kandidaten modellere trafikkavviklingen i området ved hjelp av AIMSUN 8.1. De ulike parametere som beskriver vikeplikt, prioritet og samarbeid skal testes ut på en systematisk måte. Målsettingen er å finne parametere som gir en best mulig tilpasning til den observerte trafikksituasjon.

I den siste delen skal kandidaten komme med forslag til hvordan aktuelle parametere for vurdering av vikeplikt, prioritet og samarbeid i ulike krysstyper kan bestemmes for norske forhold. Det skal også gis en vurdering av hvor god AIMSUN ser ut til å være for å beskrive slike situasjoner.

Vekten på de ulike delene i oppgaven vurderes av kandidaten i samarbeid med faglærer og veileder.

GENERELT

Opgaveteksten er ment som en ramme for kandidatens arbeid. Justeringer vil kunne skje underveis, når en ser hvordan arbeidet går. Eventuelle justeringer må skje i samråd med faglærer ved instituttet.

Ved bedømmelsen legges det vekt på grundighet i bearbeidningen og selvstendigheten i vurderinger og konklusjoner, samt at framstillingen er velredigert, klar, entydig og ryddig uten å være unødig voluminøs.

Besvarelsen skal inneholde

- standard rapportforside (automatisk fra DAIM, <http://daim.idi.ntnu.no/>)
- tittelside med ekstrakt og stikkord (mal finnes på siden <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>)
- sammendrag på norsk og engelsk (studenter som skriver sin masteroppgave på et ikke-skandinavisk språk og som ikke behersker et skandinavisk språk, trenger ikke å skrive sammendrag av masteroppgaven på norsk)
- hovedteksten
- oppgaveteksten (denne teksten signert av faglærer) legges ved som Vedlegg 1.

Besvarelsen kan evt. utformes som en vitenskapelig artikkel for internasjonal publisering. Besvarelsen inneholder da de samme punktene som beskrevet over, men der hovedteksten omfatter en vitenskapelig artikkel og en prosessrapport.

Instituttets råd og retningslinjer for rapportskrivning ved prosjektarbeid og masteroppgave befinner seg på <http://www.ntnu.no/bat/studier/oppgaver>.

Hva skal innleveres?

Rutiner knyttet til innlevering av masteroppgaven er nærmere beskrevet på <http://daim.idi.ntnu.no/>. Trykking av masteroppgaven bestilles via DAIM direkte til Skipnes Trykkeri som leverer den trykte oppgaven til instituttkontoret 2-4 dager senere. Instituttet betaler for 3 eksemplarer, hvorav instituttet beholder 2 eksemplarer. Ekstra eksemplarer må bekostes av kandidaten/ ekstern samarbeidspartner.

Ved innlevering av oppgaven skal kandidaten levere en CD med besvarelsen i digital form i pdf- og word-versjon med underliggende materiale (for eksempel datainnsamling) i digital form (f. eks. excel). Videre skal kandidaten levere innleveringsskjemaet (fra DAIM) hvor både Ark-Bibl i SBI og Fellestjenester (Byggsikring) i SB II har signert på skjemaet. Innleveringsskjema med de aktuelle signaturene underskrives av instituttkontoret før skjemaet leveres Fakultetskontoret.

Dokumentasjon som med instituttets støtte er samlet inn under arbeidet med oppgaven skal leveres inn sammen med besvarelsen.

Besvarelsen er etter gjeldende reglement NTNUs eiendom. Eventuell benyttelse av materialet kan bare skje etter godkjenning fra NTNU (og ekstern samarbeidspartner der dette er aktuelt). Instituttet har rett til å bruke resultatene av arbeidet til undervisnings- og forskningsformål som om det var utført av en ansatt. Ved bruk ut over dette, som utgivelse og annen økonomisk utnyttelse, må det inngås særskilt avtale mellom NTNU og kandidaten.

Avtaler om ekstern veiledning, gjennomføring utenfor NTNU, økonomisk støtte m.v.

Opgaven utføres delvis i samarbeid med Statens vegvesen. Det vil ikke bli etablert en formell samarbeidsavtale om denne oppgaven, men det forutsettes likevel et samarbeid med SVV Region Midt.

Helse, miljø og sikkerhet (HMS):

NTNU legger stor vekt på sikkerheten til den enkelte arbeidstaker og student. Den enkeltes sikkerhet skal komme i første rekke og ingen skal ta unødige sjanser for å få gjennomført arbeidet. Studenten skal derfor ved uttak av masteroppgaven få utdelt brosjyren "Helse, miljø og sikkerhet ved feltarbeid m.m. ved NTNU".

Dersom studenten i arbeidet med masteroppgaven skal delta i feltarbeid, tokt, befarings, feltkurs eller ekskursjoner, skal studenten sette seg inn i "Retningslinje ved feltarbeid m.m.". Dersom studenten i arbeidet med oppgaven skal delta i laboratorie- eller verkstedarbeid skal studenten sette seg inn i og følge reglene i "Laboratorie- og verkstedhåndbok". Disse dokumentene finnes på fakultetets HMS-sider på nettet, se <http://www.ntnu.no/ivt/adm/hms/>. Alle studenter som skal gjennomføre laboratoriearbeid i forbindelse med prosjekt- og masteroppgave skal gjennomføre et web-basert TRAINOR HMS-kurs. Påmelding på kurset skjer til sonja.hammer@ntnu.no

Studenter har ikke full forsikringsdekning gjennom sitt forhold til NTNU. Dersom en student ønsker samme forsikringsdekning som tilsatte ved universitetet, anbefales det at han/hun tegner reiseforsikring og personskadeforsikring. Mer om forsikringsordninger for studenter finnes under samme lenke som ovenfor.

Oppstart og innleveringsfrist:

Oppstart og innleveringsfrist er i henhold til informasjon i DAIM.

Veiledning:

- Hovedveileder og faglærer NTNU/Trafikkteknisk senter: Arvid Aakre
- Biveileder på NTNU/Trafikkteknisk senter: Erlend Aakre
- Veileder og kontakt hos SVV: Børge Bang

Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU
Dato: 15.01.2015

Underskrift

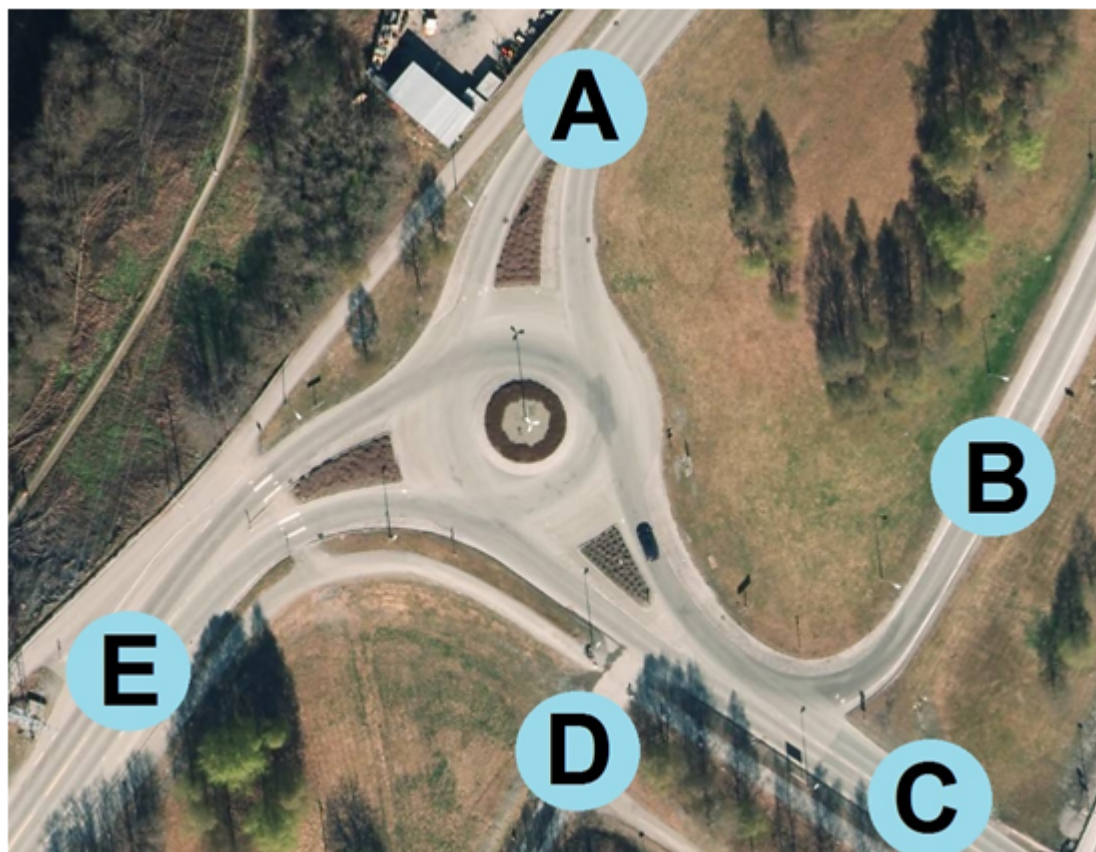


Faglærer

B Telling

B.1 Rundkjøring Sluppen, tirsdag 03.03.15

Figuren viser tegnforklaring til tellingene for tirsdag i rundkjøringen.



Rundkjøring Sluppen, tirsdag 03.03.15

Fra tilfart		C												B											
Til tilfart		A			D			E			C			A			D			E			C		
Fra kl	Til kl	Lett	Tung	Tot	Lett	Tung	Tot	Lett	Tung	Tot	Lett	Tung	Tot	Lett	Tung	Tot	Lett	Tung	Tot	Lett	Tung	Tot	Lett	Tung	Tot
14:30	14:35	1	1	2	0	0	0	9	0	9	0	0	0	6	1	7	0	0	0	11	0	11	0	0	0
14:35	14:40	3	0	3	0	0	0	14	1	15	0	0	0	3	0	3	0	0	0	14	0	14	0	0	1
14:40	14:45	5	0	5	0	0	0	5	1	6	0	0	0	1	0	1	0	0	0	25	1	26	1	0	1
14:45	14:50	3	1	4	0	0	0	11	1	12	0	0	0	1	1	2	0	0	0	20	0	20	1	0	1
14:50	14:55	1	0	1	0	0	0	14	0	14	0	0	0	2	0	2	0	0	0	12	0	12	0	0	0
14:55	15:00	1	0	1	0	0	0	12	3	15	0	0	0	4	0	4	0	0	0	13	0	13	0	0	0
15:00	15:05	1	1	2	0	0	0	14	0	14	0	0	0	1	1	2	0	0	0	20	0	20	0	0	0
15:05	15:10	2	0	2	0	0	0	15	3	18	0	0	0	2	0	2	0	0	0	34	0	34	0	0	0
15:10	15:15	1	1	2	0	0	0	10	1	11	0	0	0	2	1	3	0	0	0	20	0	20	0	0	0
15:15	15:20	1	0	1	0	0	0	18	0	18	0	0	0	3	0	3	0	0	0	27	0	27	1	0	1
15:20	15:25	3	0	3	0	0	0	11	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	25	1	0	1
15:25	15:30	3	0	3	0	0	0	17	0	17	0	0	0	2	0	2	0	0	0	21	0	21	0	0	0
15:30	15:35	1	0	1	0	0	0	16	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	1	28	0	0	0
15:35	15:40	0	0	0	0	0	0	17	0	17	0	0	0	1	0	1	0	0	0	17	0	17	0	0	0
15:40	15:45	1	1	2	0	0	0	11	1	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0	22	0	0	0
15:45	15:50	0	0	0	0	0	0	12	0	12	0	0	0	1	0	1	0	0	0	14	0	14	0	0	0
15:50	15:55	3	0	3	0	0	0	12	0	12	0	0	0	2	0	2	0	0	0	18	0	18	0	0	0
15:55	16:00	4	0	4	0	0	0	21	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	15	1	0	1
16:00	16:05	1	0	1	0	0	0	19	0	19	0	0	0	3	0	3	0	0	0	19	0	19	0	0	0
16:05	16:10	1	0	1	0	0	0	10	1	11	0	0	0	2	0	2	0	0	0	35	0	35	0	0	0
16:10	16:15	1	0	1	0	0	0	16	1	17	0	0	0	1	0	1	0	0	0	24	0	24	1	0	1
16:15	16:20	1	0	1	0	0	0	11	0	11	0	0	0	1	0	1	0	0	0	30	0	30	0	0	0
16:20	16:25	2	0	2	0	0	0	16	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	2	19	1	0	1
16:25	16:30	2	0	2	0	0	0	9	0	9	0	0	0	3	0	3	0	0	0	25	0	25	0	0	0
16:30	16:35	2	0	2	0	1	0	13	0	13	0	0	0	1	0	1	0	0	0	25	0	25	0	0	0
SUM		44	5	49	1	0	1	333	13	346	0	0	0	42	4	46	0	0	0	530	4	534	8	0	8
Svingeandeler		0,12	0,28	0,12	0,00	0,00	0,88	0,72	0,87	0,87	0,00	0,00	0,00	0,07	0,50	0,08	0,00	0,00	0,91	0,50	0,91	0,01	0,00	0,00	0,01

Rundkjøring Sluppen, tirsdag 03.03.15

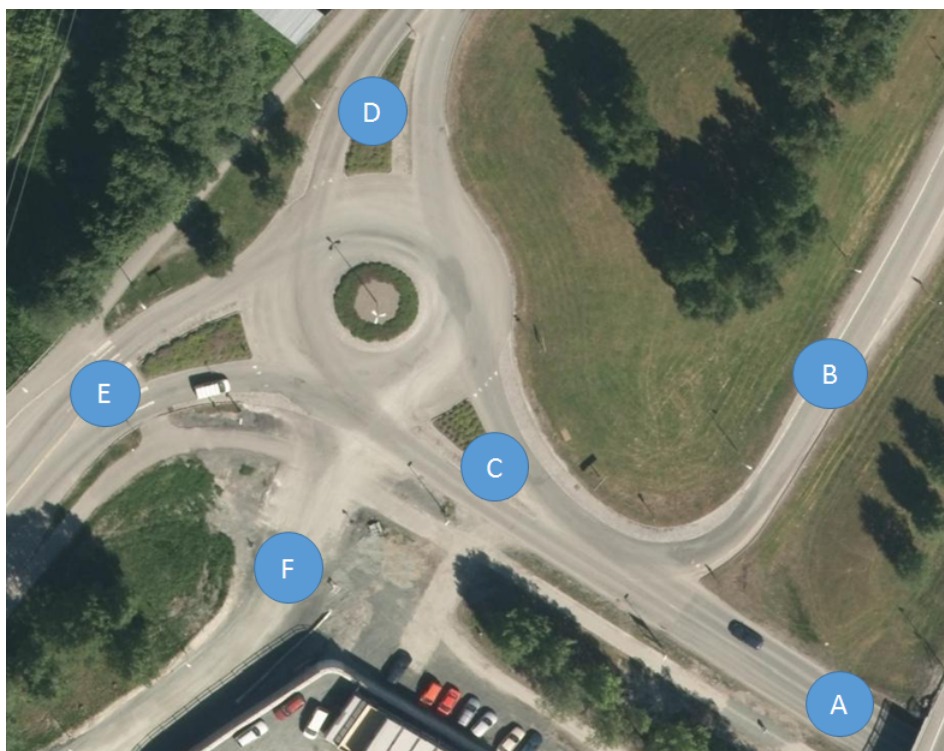
Fra tilfart		A												E																			
Til tilfart		C				D				E				A				B				C				D				E			
Fra kl	Til kl	Lett	Tung	Tot	Lett	Tung	Tot	Lett	Tung	Tot	Lett	Tung	Tot	Lett	Tung	Tot	Lett	Tung	Tot	Lett	Tung	Tot	Lett	Tung	Tot	Lett	Tung	Tot	Lett	Tung	Tot		
14:30	14:35	6	0	6	1	0	1	6	1	7	0	0	0	7	0	7	29	0	29	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1		
14:35	14:40	6	0	6	0	0	0	14	0	14	0	0	0	10	3	13	28	1	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
14:40	14:45	6	0	6	0	0	0	12	0	12	1	0	1	3	1	4	18	1	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
14:45	14:50	8	0	8	0	0	0	11	0	11	1	0	1	7	0	7	33	0	33	2	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0		
14:50	14:55	5	1	6	0	0	0	12	1	13	1	0	1	3	0	3	25	2	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
14:55	15:00	11	1	12	1	0	1	18	0	18	0	0	0	11	1	12	26	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
15:00	15:05	12	0	12	0	0	0	22	0	22	0	0	0	3	0	3	20	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
15:05	15:10	18	0	18	0	0	0	18	0	18	0	0	0	5	0	5	19	1	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
15:10	15:15	9	1	10	0	1	1	16	1	17	0	0	0	11	0	11	31	0	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
15:15	15:20	12	0	12	0	1	1	14	1	15	0	0	0	4	0	4	30	0	30	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
15:20	15:25	5	1	6	1	0	1	15	0	15	0	0	0	2	0	2	17	1	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
15:25	15:30	8	0	8	0	0	0	9	0	9	0	0	0	7	1	8	27	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
15:30	15:35	4	0	4	0	0	0	12	0	12	0	0	0	7	0	7	27	0	27	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
15:35	15:40	8	0	8	0	0	0	19	1	20	0	0	0	7	0	7	23	0	23	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
15:40	15:45	12	0	12	0	0	0	20	0	20	0	0	0	6	0	6	25	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
15:45	15:50	7	1	8	0	0	0	15	0	15	0	0	0	11	0	11	30	1	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
15:50	15:55	5	1	6	0	0	0	28	0	28	0	0	0	6	0	6	23	1	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
15:55	16:00	9	0	9	0	0	0	20	1	21	0	0	0	4	1	5	21	1	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
16:00	16:05	6	0	6	0	0	0	20	0	20	0	0	0	4	0	4	25	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
16:05	16:10	10	0	10	0	0	0	14	0	14	0	0	0	4	0	4	22	0	22	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
16:10	16:15	6	0	6	0	0	0	22	0	22	0	0	0	5	0	5	30	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
16:15	16:20	9	0	9	0	0	0	17	1	18	0	0	0	2	1	3	19	1	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
16:20	16:25	8	0	8	0	0	0	16	0	16	0	0	0	5	0	5	26	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
16:25	16:30	6	0	6	0	0	0	10	0	10	0	0	0	6	0	6	27	1	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
16:30	16:35	1	0	1	0	0	0	8	0	8	0	0	0	3	0	3	18	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
SUM		197	6	203	3	2	5	388	7	395	3	0	3	143	8	151	619	11	630	6	0	6	1	0	1	0	1	0	1	0			
Svingeandeler		0,33	0,4	0,33	0,01	0,13	0,01	0,66	0,47	0,65	0,01	0	0	0,19	0,42	0,19	0,8	0,58	0,8	0,01	0	0,01	0	0,01	0	0	0	0	0	0			

Rundkjøring Sluppen, tirsdag 03.03.15

Fra tilfart		D											
Til tilfart		A			C			D			E		
Fra kl	Til kl	Lett	Tung	Tot	Lett	Tung	Tot	Lett	Tung	Tot	Lett	Tung	Tot
14:30	14:35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
14:35	14:40	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14:40	14:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
14:45	14:50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
14:50	14:55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3
14:55	15:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
15:00	15:05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
15:05	15:10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15:10	15:15	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0
15:15	15:20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15:20	15:25	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
15:25	15:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15:30	15:35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
15:35	15:40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15:40	15:45	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
15:45	15:50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
15:50	15:55	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1
15:55	16:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
16:00	16:05	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0
16:05	16:10	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
16:10	16:15	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
16:15	16:20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:20	16:25	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:25	16:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:30	16:35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUM		2	0	2	10	0	10	0	0	0	13	0	13
Svingandeler		0,08	-	0,08	0,4	-	0,4	0	-	0	0,52	-	0,52

B.2 Rundkjøring Sluppen, onsdag 03.03.15

Figuren viser tegnforklaring til tellingene for onsdag i rundkjøringen.



Rundkjøring Sluppen, onsdag 04.03.15

Fra kl	Til kl	Fra tunnel			Fra rampe			Fra brannstasjon											
		AC			BC			FA			FD			FE			FF		
		Lett	Tung	Tot	Lett	Tung	Tot	Lett	Tung	Tot	Lett	Tung	Tot	Lett	Tung	Tot	Lett	Tung	Tot
14:45	14:50	12	2	14	20	1	21	3	0	3	0	0	0	1	0	1	0	0	0
14:50	14:55	10	0	10	27	1	28	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
14:55	15:00	12	0	12	25	0	25	0	0	0	1	0	1	2	0	2	0	0	0
15:00	15:05	20	4	24	27	1	28	1	0	1	0	0	0	3	0	3	0	0	0
15:05	15:10	16	2	18	35	0	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15:10	15:15	16	2	18	31	2	33	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
15:15	15:20	14	2	16	28	0	28	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
15:20	15:25	15	2	17	19	0	19	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0
15:25	15:30	15	1	16	28	1	29	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15:30	15:35	19	0	19	23	1	24	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15:35	15:40	16	1	17	26	0	26	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
15:40	15:45	16	0	16	19	0	19	2	0	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0
15:45	15:50	16	0	16	27	0	27	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15:50	15:55	19	1	20	17	0	17	2	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0
15:55	16:00	10	1	11	15	0	15	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:00	16:05	22	0	22	20	0	20	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0
16:05	16:10	24	1	25	21	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:10	16:15	16	0	16	15	0	15	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:15	16:20	18	2	20	18	1	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:20	16:25	22	0	22	22	0	22	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
16:25	16:30	14	1	15	29	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:30	16:35	13	1	14	24	1	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:35	16:40	16	0	16	21	0	21	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0


Rundkjøring Sluppen, onsdag 04.03.15

Fra kl	Til kl	Fra rundkjøring																		
		CD			CE			CA			CF			DE			DA			
		Lett	Tung	Tot	Lett	Tung	Tot	Lett	Tung	Tot	Lett	Tung	Tot	Lett	Tung	Tot	Lett	Tung	Tot	
14:45	14:50	7	1	8	23	2	25	1	0	1	0	0	0	0	8	0	8	5	0	5
14:50	14:55	6	1	7	29	0	29	2	0	2	0	0	0	0	13	0	13	5	0	5
14:55	15:00	4	0	4	31	0	31	1	0	1	0	0	0	0	13	1	14	12	2	14
15:00	15:05	6	1	7	42	4	46	0	0	0	0	0	1	0	22	1	23	16	1	17
15:05	15:10	6	1	7	45	1	46	0	0	0	0	0	0	0	15	3	18	12	2	14
15:10	15:15	2	1	3	39	3	42	0	0	0	0	0	0	0	16	1	17	13	0	13
15:15	15:20	5	1	6	42	1	43	1	0	1	0	0	0	0	17	0	17	11	3	14
15:20	15:25	2	0	2	29	1	30	0	0	0	0	1	2	0	10	0	10	14	0	14
15:25	15:30	4	0	4	34	2	36	1	0	1	0	0	1	0	13	0	13	7	0	7
15:30	15:35	6	0	6	37	1	38	1	0	1	0	0	0	0	13	1	14	11	0	11
15:35	15:40	5	0	5	35	1	36	0	0	0	0	0	0	0	16	0	16	9	0	9
15:40	15:45	5	0	5	24	0	24	0	0	0	0	0	0	0	15	0	15	9	1	10
15:45	15:50	6	0	6	38	0	38	1	0	1	0	0	0	0	16	1	17	8	1	9
15:50	15:55	2	0	2	35	0	35	0	0	0	0	1	1	0	24	1	25	11	0	11
15:55	16:00	3	0	3	23	1	24	0	0	0	0	0	0	0	14	0	14	4	0	4
16:00	16:05	3	0	3	37	0	37	0	0	0	0	0	1	0	14	0	14	9	1	10
16:05	16:10	3	0	3	38	1	39	1	0	1	0	0	0	0	16	0	16	11	0	11
16:10	16:15	5	0	5	26	0	26	0	0	0	0	0	0	0	22	0	22	4	0	4
16:15	16:20	4	1	5	33	1	34	0	0	0	0	0	0	0	15	1	16	11	0	11
16:20	16:25	3	0	3	41	1	42	0	0	0	0	0	0	0	22	0	22	6	2	8
16:25	16:30	3	0	3	45	0	45	1	0	1	0	0	0	0	11	0	11	4	0	4
16:30	16:35	3	0	3	32	3	35	0	0	0	0	0	0	0	12	1	13	1	0	1
16:35	16:40	4	0	4	38	0	38	0	0	0	0	0	0	0	13	1	14	5	0	5

B.3 Signalregulert kryss, onsdag 04.03.15

Tellinger for det signalregulerte krysset onsdag. På grunn av problemer med kamera finnes ikke tellinger fra tirsdag.

Fra kl	Rom-Slu	Rom-Mar	Mar-Slu	Mar-Rom	Slu-Rom	Slu-Mar	Videoklipp
14:30							
14:35							
14:40							
14:45	11	19	27	13	17	20	1
14:50	19	16	17	42	16	23	1
14:55	6	14	13	25	20	34	1
15:00	12	12	18	16	19	34	1
15:05	9	14	27	40	20	38	2
15:10	9	12	13	27	28	31	2
15:15	6	17	23	44	14	27	2
15:20	13	32	29	33	18	27	2
15:25	4	16	13	30	18	31	2
16:10	5	19	19	31	16	47	3
16:15	14	27	13	25	22	40	3
16:20	9	13	24	26	15	30	3
16:25	16	18	20	19	16	31	3
16:30	2	21	17	21	20	41	3_4
16:35	9	10	10	18	16	45	4

 Video mangler for deler av intervallet - estimert verdi

Rom = Oslovegen sør

Mar = Oslovegen nord

Slu = Tempevegen sør

C Køregistreringer

Kølængder tirsdag 03.03.15

Kølængder ved kl:	Kølængder (kjt)		
	A	B	C
14:50	0	0	0
14:55	0	0	0
15:00	0	0	0
15:05	0	0	0
15:10	0	0	0
15:15	1	6	6
15:20	1	6	4
15:25	0	8	4
15:30	0	0	0
15:35	0	0	0
15:40	2	0	0
15:45	0	10	6
15:50	10	12	12
15:55	3	24	19
16:00	0	19	20
16:05	4	17	6
16:10	3	12	5
16:15	0	11	4
16:20	0	2	7
16:25	0	0	0
16:30	0	0	0



Kølengder onsdag 04.03.15

Tid	Kø bak B (på rampe)	Kø bak C (mot tunnel)	Kø bak D (mot Tempe)	Tilb. blokkering fra E?
14:45	0	0	0	Nei
14:50	0	0	0	Nei
14:55	0	0	0	Nei
15:00	0	0	0	Nei
15:05	0	0	0	Nei
15:10	0	0	4	Nei
15:15	0	6	0	Ja
15:20	0	0	0	Ja
15:25	0	1	0	Ja
15:30	3	5	0	Ja
15:35	0	0	0	Ja
15:40	0	5	4	Ja
15:45	14	12	1	Ja
15:50	17	8	5	Ja
15:55	20	10	0	Ja
16:00	21	7	4	Ja
16:05	21	9	3	Ja
16:07	16	8	3	Ja
16:13	25	35	1	Ja
16:18	20	42	0	Ja
16:20	23	25	8	Ja
16:23	20	24	2	Ja
16:30	12	5	0	Ja
16:35	2	7	0	Ja
16:40	0	0	0	Nei



D OD-matriser

D.1 Tirsdag

Kl. 14:45-15:45	735: Oslovegen nord	737: Oslovegen sør	740: Omkjøringsvegen	741: Tempevegen nord	742: Nidarvoll	Total
735: Oslovegen nord		370	129	50	76	625
737: Oslovegen sør	200		64	25	38	327
740: Omkjøringsvegen	168	91		21	3	283
741: Tempevegen nord	124	67	46		70	307
742: Nidarvoll	114	61		22		197
Total	606	589	239	118	187	1739
Kl. 15:45-16:00	735: Oslovegen nord	737: Oslovegen sør	740: Omkjøringsvegen	741: Tempevegen nord	742: Nidarvoll	Total
735: Oslovegen nord		100	32	15	19	166
737: Oslovegen sør	50		16	7	9	82
740: Omkjøringsvegen	45	24		4	1	74
741: Tempevegen nord	42	22	9		14	87
742: Nidarvoll	41	22	1	10		74
Total	178	168	58	36	43	483
Kl. 16:00-16:30	735: Oslovegen nord	737: Oslovegen sør	740: Omkjøringsvegen	741: Tempevegen nord	742: Nidarvoll	Total
735: Oslovegen nord		170	63	18	37	288
737: Oslovegen sør	108		32	9	19	168
740: Omkjøringsvegen	84	45		9	2	140
741: Tempevegen nord	65	35	18		27	145
742: Nidarvoll	42	23		6		71
Total	299	273	113	42	85	812

D.2 Onsdag

KI. 14:45-15:45	735: Oslovegen nord	737: Oslovegen sør	740: Omkjøringsvegen	741: Tempevegen nord	742: Nidarvoll	Total
735: Oslovegen nord		370	123	53	72	618
737: Oslovegen sør	200		62	27	36	325
740: Omkjøringsvegen	186	100		25	3	314
741: Tempevegen nord	116	62	53		80	311
742: Nidarvoll	111	60		24		195
Total	613	592	238	129	191	1763
KI. 15:45-16:15	735: Oslovegen nord	737: Oslovegen sør	740: Omkjøringsvegen	741: Tempevegen nord	742: Nidarvoll	Total
735: Oslovegen nord		200	59	21	35	315
737: Oslovegen sør	100		30	11	17	158
740: Omkjøringsvegen	80	43		11	1	135
741: Tempevegen nord	70	38	20		29	157
742: Nidarvoll	74	40	1	16		131
Total	324	321	110	59	82	896
KI. 16:15-16:30	735: Oslovegen nord	737: Oslovegen sør	740: Omkjøringsvegen	741: Tempevegen nord	742: Nidarvoll	Total
735: Oslovegen nord		70	34	11	20	135
737: Oslovegen sør	58		17	5	10	90
740: Omkjøringsvegen	33	18		4	1	56
741: Tempevegen nord	32	17	9		14	72
742: Nidarvoll	22	12		5		39
Total	145	117	60	25	45	392

E Forsinkelser

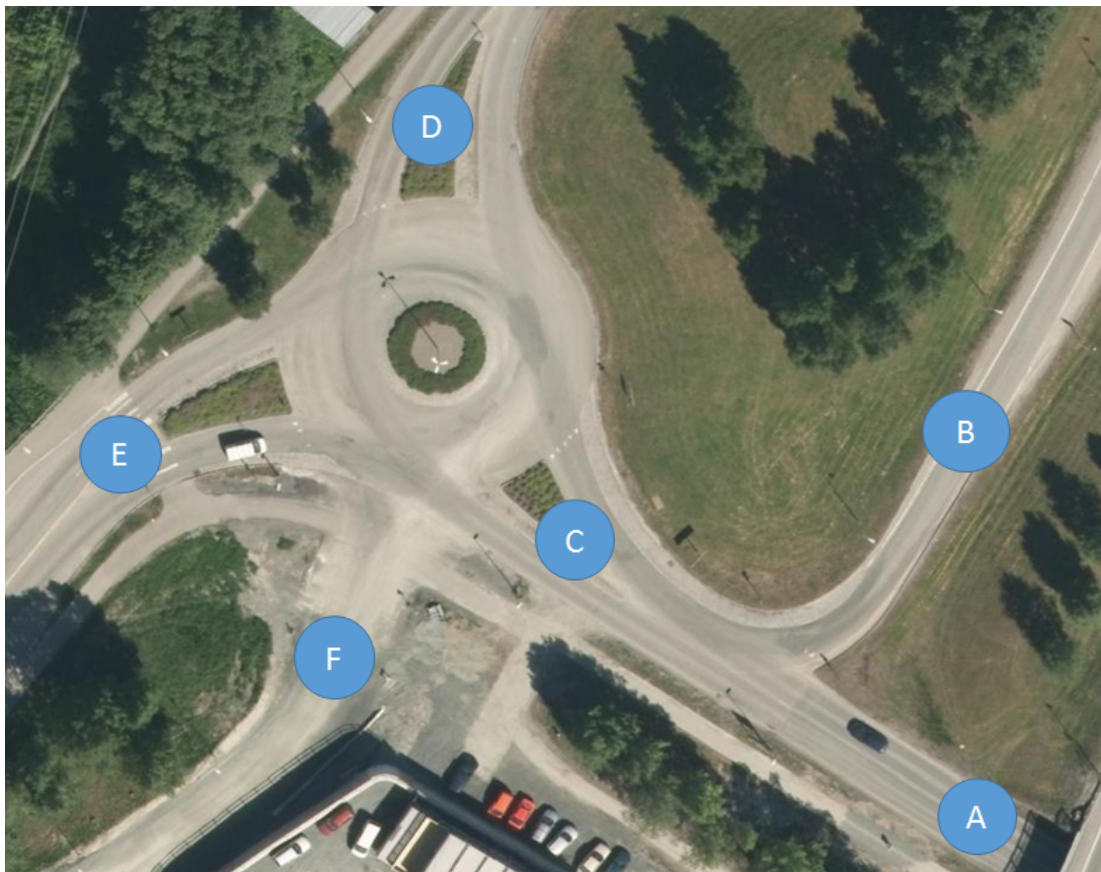
Tirsdag

Gjennomsnittlige forsinkelser (s)				
Fra	Til	A	B	D
14:45	15:00	0,0	0,0	0,0
15:00	15:15	18,4	11,1	1,5
15:15	15:30	62,3	63,8	6,7
15:30	15:45	18,8	22,1	7,9
15:45	16:00	253,8	297,1	44,8
16:00	16:15	138,0	155,3	26,9
16:15	16:30	65,9	28,5	0,0
Total gjennomsnittlig forsinkelser (s)				
Fra	Til	A	B	D
14:45	16:30	82,1	76,5	13,2

Onsdag

Gjennomsnittlige forsinkelser (s)				
Fra	Til	A	B	D
14:45	15:00	0,0	0,0	0,0
15:00	15:15	15,0	0,0	11,8
15:15	15:30	39,8	5,9	0,0
15:30	15:45	77,9	32,3	19,0
15:45	16:00	175,5	277,1	27,8
16:00	16:15	257,1	404,5	29,6
16:15	16:30	210,5	188,1	25,0
Total gjennomsnittlig forsinkelser (s)				
Fra	Til	A	B	D
14:45	16:30	119,1	110,3	16,4

Beregnete forsinkelser i Sluppenvegen (A), Tempevegen nord (D) og på avkjøringsrampen (B).



F Parameterverdier

F.1 Gloale parametre

The image displays three screenshots of a simulation software interface, each with a different tab selected and circled in red. The interface consists of a top navigation bar with tabs: Main, Behaviour, Reaction Time, Arrivals, Dynamic Traffic Assignment, Variables, Policies, Attributes, and Legion Pedestrians.

Top Screenshot (Reaction Time tab selected):
- **Simulation Step:** 0,87 sec
- **Reaction Time Settings:**
 - Radio buttons: Fixed (same for all Vehicle Types) and Variable (different for each Vehicle Type)
 - **Values:**
 - Reaction Time: (same as simulation step)
 - Reaction Time at Stop: 1,25 sec
 - Reaction Time at Traffic Light: 1,60 sec

Middle Screenshot (Arrivals tab selected):
- **Global Arrivals:** Exponential

Bottom Screenshot (Behaviour tab selected):
- **Queue Speeds:**
 - Queue Entry Speed: 1,00 m/s
 - Queue Exit Speed: 4,00 m/s

F.2 Lokale parametre

De lokale parametrene er endret flere steder. Utenom de parametrene som er testet er det hovedsakelig endret på fartsgrenser og svinehastigheter og ekstra reaksjonstid ved stopp. Det er ikke listet opp alle parameter verdier her, men det viktigste verdiene er tatt med.

Fra Tempevegen sør mot Oslovegen

På brua:

- Fartsgrense: 23 km/t
- Ekstra reaksjonstid ved stopp: -0,30 s

Mot Oslovegen nord:

- Svingehastighet: 28 km/t

Mot Oslovegen sør:

- Svingehastighet: 30 km/t

Fra rundkjøring (lenke som danner kryss med Tempevegen nord)

- Fartsgrense: 20 km/t
- Ekstra reaksjonstid ved stopp: 1,0 s
- Svingehastighet 15 km/t

Fra Tempevegen nord

- Fartsgrense: 50 km/t
- Ekstra reaksjonstid ved stopp: -0,5 s
- Svingehastighet Auto

Fra avkjøringsrampen

- Fartsgrense: 60 km/t
- Ekstra reaksjonstid ved stopp: -0,5 s

- Svingehastighet 10 km/t

Fra Sluppenvegen mot t-kryss

- Fartsgrense: 60 km/t
- Ekstra reaksjonstid ved stopp: 0,5 s
- Svingehastighet 15 km/t

Fra Sluppenvegen mot rundkjøring

- Fartsgrense: 20 km/t
- Ekstra reaksjonstid ved stopp: 1,0 s
- Svingehastighet 15 km/t

F.3 Kjøretøy og føreregenskaper

Main Dynamic Models Microscopic Model Static Models Attributes

Name: External ID:

	Mean	Deviation	Minimum	Maximum
Length	5,00 m	0,50 m	3,40 m	5,50 m
Width	2,00 m	0,00 m	2,00 m	2,00 m
Max Desired Speed	110,00 km/h	10,00 km/h	80,00 km/h	150,00 km/h

Maximum Capacity: Length Multiplying Factor

Main Dynamic Models Microscopic Model Static Models Attributes

Main Experiment Defaults

	Mean	Deviation	Minimum	Maximum
Speed Acceptance	1,10	0,10	0,90	1,30
Clearance	2,25 m	0,30 m	0,50 m	2,50 m
Maximum Give Way Time	10,00 secs	2,50 secs	5,00 secs	15,00 secs
Guidance Acceptance	75,00 %	10,00 %	65,00 %	90,00 %
Value of Time	0,00 \$/h	0,00 \$/h	0,00 \$/h	0,00 \$/h

Main Dynamic Models Microscopic Model Static Models Attributes

Main Experiment Defaults

Reaction Times for Micro Simulation

Reaction Time	Reaction Time at Stop	ion Time for Front Vehicle at Traffic	Probability (0,1]
0.85	1.35	1.6	1

Main Dynamic Models Microscopic Model Static Models Attributes

Main Articulated and Doors 2D Shapes 3D Shapes Environmental Models

	Mean	Deviation	Minimum	Maximum
Max Acceleration	3,00 m/s ²	0,20 m/s ²	2,60 m/s ²	3,40 m/s ²
Normal Deceleration	4,00 m/s ²	0,25 m/s ²	3,50 m/s ²	4,50 m/s ²
Max Deceleration	6,00 m/s ²	0,50 m/s ²	5,00 m/s ²	7,00 m/s ²

Car-Following Model

	Mean	Deviation	Minimum	Maximum
Sensitivity Factor	1,00	0,00	1,00	1,00
Gap	0,00 secs	0,00 secs	0,00 secs	0,00 secs