



Modellering av nettverk i SIDRA INTERSECTION og AIMSUN

Kristoffer Åsen Røys

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: juni 2015

Hovedveileder: Arvid Aakre, BAT

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



Oppgavens tittel: Modellering av nettverk i SIDRA INTERSECTION og AIMSUN	Dato: 10.06.2015		
	Antall sider (inkl. bilag): 174		
	Masteroppgave	X	Prosjektoppgave
Navn: Kristoffer Åsen Røys			
Faglærer/veileder: Amanuensis Arvid Aakre, NTNU			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Børge Bang, Statens vegvesen			

Ekstrakt:

SIDRA INTERSECTION er en trafikkmodell som lenge har blitt brukt for å vurdere kapasitets- og avviklingsforhold i enkeltstående vegkryss. I versjon 6.0 ble programmet utvidet til også å kunne modellere vegnettverk. Denne funksjonaliteten ble videreutviklet i versjon 6.1 som ble lansert i februar 2015. Målsetningen i denne oppgaven er å beskrive og teste ut den nye nettverksmodellen i SIDRA INTERSECTION 6.1.

For å kunne vurdere modellens styrker og svakheter i forhold til andre trafikkmodeller, ble SIDRA INTERSECTION 6.1 sammenlignet med den anerkjente nettverksmodellen AIMSUN 8.1. Modellene ble sammenlignet med hensyn på deres teoretiske grunnlag, samt hvor godt egnet de var til å modellere trafikksituasjonen i et utvalgt nettverk fra et urbant område. Nettverket som ble brukt for å teste ut modellene ligger på Sluppen i Trondheim og er ofte preget av store kødannelser og dårlig avviklingskvalitet i rushtiden. En rekke observasjoner, målinger og registreringer ble utført i felt for å gi grunnlag for å modellere trafikksituasjonen i nettverket.

Ved modellering av trafikksituasjonen i det utvalgte nettverket ble det oppnådd resultater som samsvarte godt med observasjonene fra felt både ved bruk av SIDRA INTERSECTION 6.1 og AIMSUN 8.1. Begge modellene syntes dermed å være i stand til å modellere trafikksituasjonen i et vegnettverk med dårlig trafikkavvikling på en realistisk måte. Under modelleringen i SIDRA INTERSECTION 6.1 ble det imidlertid også funnet vesentlige begrensninger i programmets funksjonalitet, som reduserer dets anvendelighet til å utføre nettverksmodellering.

SIDRA INTERSECTION 6.1 synes fremdeles å ha hovedfokus på modellering av enkeltkryss. Brukeren gis svært få muligheter til å detaljere utformingen av et nettverk på andre steder enn i kryssområdene og programmet produserer hovedsakelig resultater som omhandler trafikkforholdene i de enkelte kryssene i et nettverk. Modellen ble også funnet å være dårlig egnet til å modellere trafikkvariasjoner i et nettverk. Den nye nettverksmodellen anses derfor primært å være egnet til å utføre enkle analyser av små nettverk med enkel geometri og uten store trafikkvariasjoner. For mer detaljerte nettverksanalyser anses modellen å være utilstrekkelig.

Stikkord:

1. SIDRA INTERSECTION
2. Nettverksmodellering
3. AIMSUN
4. Trafikkmodeller

Kristoffer Åsen Røys

(sign.)

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet ved institutt for bygg, anlegg og transport ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU). Den inngår i fagretningen Transport ved faggruppe Veg, transport og geomatikk. Oppgaven er utført våren 2015 og har en belastning tilsvarende 30 studiepoeng.

Arbeidet med masteroppgaven har vært lærerikt og spennende, samtidig som det har vært forholdsvis tidkrevende. Det rettes en stor takk til hovedveileder og faglærer, amanuensis Arvid Aakre, for god oppfølging og hjelp med oppgaven. Jeg vil også takke biveileder Erlend Aakre og medstudent Petter Skulbru for et godt samarbeid under utførelsen av feltregistreringene. Til sist vil jeg rette en takk til ekstern veileder Børge Bang fra Statens vegvesen for verdifulle innspill underveis i arbeidet med oppgaven.

Trondheim, 10. juni 2015

Kristoffer Åsen Røys

Sammendrag

Dårlig trafikkavvikling i rushtiden er et utbredt problem i mange byer og tettsteder. Høye trafikkvolumer i veg- og gatenettverk fører ofte til store kødannelser og forsinkelser. For å vurdere hvilke tiltak som kan gjennomføres for å bedre trafikksituasjonen i slike tilfeller kan trafikkmodeller være et nyttig verktøy. Det eksisterer i dag en rekke ulike trafikkmodeller som kan brukes for å modellere trafikkavviklingen i veg- og gatenettverk.

SIDRA INTERSECTION er en trafikkmodell som tidligere har blitt brukt for å vurdere kapasitets- og avviklingsforhold i enkeltstående vegkryss. I versjon 6.0 ble programmet utvidet til også å kunne modellere vegnettverk. Denne funksjonaliteten ble videreutviklet i versjon 6.1 som ble lansert i februar 2015.

Målsetningen i denne oppgaven er å beskrive og teste ut den nye nettverksmodellen i SIDRA INTERSECTION 6.1. For å kunne vurdere modellens styrker og svakheter i forhold til andre trafikkmodeller, ble modellen sammenlignet med den anerkjente nettverksmodellen AIMSUN 8.1. De to modellene ble sammenlignet med hensyn på deres teoretiske grunnlag, samt hvor godt egnet de var til å modellere trafikksituasjonen i et utvalgt nettverk fra et urbant område.

Nettverket som ble valgt som utgangspunkt for å teste ut modellene ligger på Sluppen i Trondheim og er ofte preget av store kødannelser og dårlig avviklingskvalitet i rushtiden. Slike trafikksituasjoner kan ofte være utfordrende å modellere, noe som gjorde det utvalgte nettverket godt egnet for å vurdere kvaliteten til trafikkmodellene. En rekke observasjoner, målinger og registreringer ble utført i felt for å gi grunnlag for å modellere trafikksituasjonen i nettverket.

Ved modellering av trafikksituasjonen i det utvalgte nettverket ble det oppnådd resultater som samsvarte godt med observasjonene fra felt både ved bruk av SIDRA INTERSECTION 6.1 og AIMSUN 8.1. Begge modellene syntes dermed å være i stand til å modellere trafikksituasjonen i et vegnettverk med dårlig trafikkavvikling på en realistisk måte. Under modelleringen i SIDRA INTERSECTION 6.1 ble det imidlertid også funnet vesentlige begrensninger i programmets funksjonalitet og fleksibilitet, som reduserer dets anvendelighet til å utføre nettverksmodellering.

Selv om programmet nå er utvidet til å kunne modellere nettverk synes SIDRA INTERSECTION 6.1 fremdeles å ha hovedfokus på modellering av enkeltkryss. I nettverksmodellen har brukeren svært begrensede muligheter til å detaljere utformingen av et vegnettverk på andre steder enn i kryssområdene. De aller fleste av resultatene som produseres i nettverksmodellen fokuserer dessuten på trafikkforholdene i de enkelte kryss, og ikke i nettverket som helhet. Det beregnes noen få resultater for de øvrige delene av nettverket, men disse er av en svært overordnet og generell karakter, slik at de ikke kan brukes til å utføre detaljerte analyser. Dette legger vesentlige begrensninger på nettverksmodellens bruksområde.

Det også oppdaget noen svakheter i nettverksmodellens virkemåte. Modellen ble funnet å være dårlig egnet til å modellere trafikkvariasjoner i et nettverk, noe som begrenser muligheten til å modellere dynamiske trafikkforhold. Det ble også funnet at modellen ikke tar hensyn til alle vekselvirkninger som kan oppstå mellom kryssene i et nettverk ved høye trafikkvolumer.

AIMSUN 8.1 opplevdes på sin side som en mer helstøpt nettverksmodell, med høy fleksibilitet og et bredt bruksområde. Modellen stiller høyere krav til brukeren og er mer tidkrevende å bruke, men til gjengjeld kan programmet brukes til å modellere nesten alle typer trafikksituasjoner. Brukeren kan detaljere utformingen for alle deler av et vegnettverk etter eget ønske, og programmet kan produsere et bredt utvalg modelleringsresultater fra hele nettverket. Programmet ble også funnet å være godt egnet for å modellere vekselvirkninger mellom kryssene i et nettverk ved høye trafikkvolumer.

Samlet sett anses nettverksmodellen i SIDRA INTERSECTION 6.1 å være egnet til å utføre enkle, overordnede analyser av små nettverk med enkel geometri og uten store trafikkvariasjoner. For detaljerte nettverksanalyser anses imidlertid programmet å være utilstrekkelig i sin nåværende utgave. For slike oppgaver bør man heller bruke etablerte og dedikerte nettverksmodeller som AIMSUN.

Summary

Traffic congestion during peak hours is a widespread problem in many towns and cities. In such cases, high traffic volumes leads to slower speeds, longer trip times, and increased vehicular queuing on the affected road networks. Traffic models can be useful tools to assess which measures should be taken to improve such situations. Today there exists a variety of traffic models that can be used to model traffic flow in urban road networks.

SIDRA INTERSECTION is a traffic model that has previously been used to analyze capacity, level of service and performance for individual road junctions. In version 6.0 a new network model was implemented in the software package, giving SIDRA INTERSECTION the ability to model road networks. The network modeling capability was further developed in version 6.1, which was released in February 2015.

The objective of this thesis is to evaluate the network model in SIDRA INTERSECTION 6.1. In order to assess strengths and weaknesses of the model in relation to other traffic models, the model was compared with the acclaimed network model AIMSUN 8.1. The two models were compared with regard to their theoretical basis and their suitability for modeling the traffic flow in a selected road network from an urban area.

The road network that was used for testing the traffic models lies in the Sluppen area in Trondheim. Major congestion problems often occur in this area during peak hours. Such situations often prove to be difficult to model properly, which makes the area well suited to assess the quality of the two network models. A number of observations and measurements were conducted in this area to provide a basis for modeling the traffic flows in the road network.

The traffic flows in the road network were modeled both using SIDRA INTERSECTION 6.1 and AIMSUN 8.1. Both programs produced results that corresponded well with observations from reality. This suggests that both programs are able to model the traffic flows in a road network with major congestion in a realistic manner. SIDRA INTERSECTION therefore seems to be well suited to perform network modeling. However, it was also found that the model has significant limitations regarding its functionality and flexibility, which reduces its usefulness.

Although the program now has the capability to model networks, SIDRA INTERSECTION 6.1 still seems to have its primary focus on individual intersections. The user has very limited opportunities to refine the design of a road network at locations other than the junction areas. Also, most of the results produced by the network model deals with traffic conditions in the individual intersections in a network. The model produces very few results that deal with traffic conditions on the links between intersections and in the network as a whole. The few results that are being produced for these parts of the network are also of a very general nature, so that they are not suitable for detailed analyzes. This places significant restrictions on the area of use for the network model.

Some weaknesses in the model were also discovered during the modeling session. The model was found to be ill suited to model variations in traffic in a network, limiting its ability to model dynamic traffic conditions. It was also found that the model does not take into account all interactions that may occur between intersections in a network with high traffic volumes.

AIMSUN 8.1 was perceived as a more solid cast network model than SIDRA INTERSECTION 6.1. The model places greater demands on the user and is more time-consuming to use, but in return the program can be used to model almost any type of traffic situation. The user can refine the design for all parts of a road network, and the program produces a wide range of modeling results from the entire network. The program was also found to be well suited to model interactions between intersections in a network with high traffic volumes.

In total, the network model in SIDRA INTERSECTION 6.1 is considered to be suitable to perform simple analyzes of small road networks with simple geometry and without major variations in traffic. The model is regarded as inadequate for more detailed network analyzes in its current version. For such tasks, one should instead make use of dedicated network models such as AIMSUN.

Innhold

1	Innledning	1
1.1	Bakgrunn	1
1.2	Målsetning	2
1.3	Oppgavens oppbygning	2
2	Beskrivelse av trafikkmodeller	3
2.1	Om trafikkmodeller	3
2.2	Beskrivelse av SIDRA INTERSECTION 6.1	6
2.3	Beskrivelse av AIMSUN 8.1	37
2.4	Sammenligning av SIDRA INTERSECTION og AIMSUN	58
3	Målinger og registreringer	60
3.1	Valg av studieområde	60
3.2	Geotrimålinger	62
3.3	Trafikkregistreringer	66
4	Modellering av studieområdet	87
4.1	Modellering i SIDRA INTERSECTION 6.1	87
4.2	Modellering i AIMSUN 8.1	119
4.3	Sammenligning av SIDRA INTERSECTON og AIMSUN	133
5	Diskusjon og vurdering	135
5.1	Vurdering av nettverksmodellen	135
5.2	Forslag til forbedring av nettverksmodellen	138
	Bibliografi	139
	Vedlegg	141

Figurer

2.1	Detaljeringsnivåer i trafikkmodeller (Aakre 2014d)	3
2.2	Dynamiske og statiske trafikkmodeller (Aakre 2014c)	4
2.3	Modellkompleksitet	5
2.4	Brukergransesnitt i SIDRA INTERSECTION 6.1	7
2.5	Inndatavindu - «Intersection»	9
2.6	Inndatavindu - «Movement Definitions»	9
2.7	Inndatavindu - «Lane geometry»	10
2.8	Inndatavindu - «Lane Data»	10
2.9	Inndatavindu - «Roundabouts»	11
2.10	Inndatavindu - «Pedestrians»	11
2.11	Inndatavindu - «Volumes»	12
2.12	Inndatavindu - «Priorities»	12
2.13	Inndatavindu - «Gap Acceptance»	13
2.14	Inndatavindu - «Vehicle Movement Data»	13
2.15	Inndatavindu - «Phasing & Timing»	14
2.16	Inndatavindu - «Network Configuration»	15
2.17	Inndatavindu - «Network Data»	16
2.18	Inndatavindu - «Network Timing»	16
2.19	Analyseresultater fra SIDRA INTERSECTION 6.1	17
2.20	Grafisk presentasjon av metningsgrad for ulike lenker i et nettverk	18
2.21	Forsinkelseskomponenter i SIDRA INTERSECTION 6.1 (Akcelik 2015)	19
2.22	Prinsipp for beregning av kapasitet i vikepliktregulerte kryss og rundkjøringer (basert på figur fra Akcelik 2007).	22
2.23	Gjennomsnittlig forsinkelse som funksjon av metningsgrad ved bruk av avviklingsmodellen i SIDRA INTERSECTION (Akcelik 2015)	23
2.24	Prinsipp for beregning av PFF	27
2.25	Virkning på kritisk tidsluke av ulike reduksjonsnivåer (Akcelik 2015)	30
2.26	Virkning på følgetid av ulike reduksjonsnivåer (Akcelik 2015)	30
2.27	Virkning av «Environment Factor» på kapasiteten til en tilfart i en rundkjøring (Akcelik 2015)	32

2.28	Virkning av «Entry/Circulating Flow Adjustment» på kapasiteten til en tilfart i en rundkjøring (Akcelik 2015)	33
2.29	Tidsluker ved puljekjøring (basert på figur fra Akcelik 2015)	34
2.30	Elementer som inngår i et vegnettverk i AIMSUN (Alstad 2012)	38
2.31	Eksempel på kryss i AIMSUN med og uten bruk av «Yellow box» (Alstad 2012)	38
2.32	Detektorer i AIMSUN (Alstad 2012)	39
2.33	Rundkjøring i AIMSUN (Alstad 2012)	39
2.34	Etterspørrel i form av en OD-matrise (Alstad 2012)	40
2.35	Etterspørrel i form av trafikkvolum og svingeandeler (Alstad 2012)	40
2.36	Eksempel på faseplan fra AIMSUN (TSS 2014a)	41
2.37	Eksempel på kollektivrute og busstopp i AIMSUN(Alstad 2012)	42
2.38	Virkemåte for bevegelsesmodeller i AIMSUN 8.1	43
2.39	Eksempel på kjøretøyparametere i AIMSUN 8.1	44
2.40	Sammenheng mellom scenario, eksperiment og replikasjoner i AIMSUN	45
2.41	Utsnitt fra animert fremstilling av simulert trafikkavvikling i AIMSUN	46
2.42	Komponenter som inngår i bilfølgemodellen (Alstad 2012)	50
2.43	Sammenheng mellom de ulike parameterne i vikepliktmodellen (TSS 2014b)	52
2.44	Visibility To Give Way (TSS 2014b)	53
2.45	Visibility Along Main Stream (TSS 2014b)	53
2.46	Virkemåte vikepliktmodell (TSS 2014b)	54
2.47	Virkemåte for samarbeidsmodell (Aakre et al. 2014)	55
3.1	Studieområdets beliggenhet (Hjelkrem & Bang 2009)	60
3.2	Oversiktsbilde av studieområde	61
3.3	Studieområdet i rushtid	61
3.4	Geometri i T-kryss	63
3.5	Geometri på strekning mellom rundkjøring og Sluppen bru	63
3.6	Geometri i rundkjøring	64
3.7	Geometri i signalregulert kryss	65
3.8	Plassering av kamera ved T-kryss og rundkjøring	67
3.9	Utsnitt fra videoopptak ved T-kryss og rundkjøring	67
3.10	Plassering av kamera ved lyskryss	68
3.11	Utsnitt fra videoopptak ved lyskryss	68
3.12	Flettekjøring i rushtiden	71
3.13	To kjørefelt i bredden på tilfart fra rundkjøring	72
3.14	Registrerte trafikkstrømmer i vikepliktregulert kryss	73
3.15	Trafikkmengder fra Sluppenvegen (A) i vikepliktregulert kryss	74

3.16	Trafikkmengder fra E6 Omkjøringsveien (B) i vikepliktregulert kryss . . .	74
3.17	Registrerte trafikkstrømmer i rundkjøring	75
3.18	Trafikkmengder fra Sluppenvegen (C) i rundkjøring	76
3.19	Trafikkmengder fra Tempevegen (D) i rundkjøring	76
3.20	Trafikkmengder fra Sluppen bru (E) i rundkjøring	77
3.21	Registrerte trafikkstrømmer i signalregulert kryss	78
3.22	Trafikkmengder fra Sluppen (F) i lyskryss	79
3.23	Trafikkmengder fra Marienborg (G) i lyskryss	80
3.24	Trafikkmengder fra Romolslia (H) i lyskryss	80
3.25	Registrerte kølengder	81
3.26	Gjennomsnittlige kølengder på tirsdag 3. mars	81
3.27	Gjennomsnittlige kølengder på onsdag 4. mars	82
3.28	Beregnet antall kjøretøyer i kø mellom lyskryss og rundkjøring	83
3.29	Soneinndeling for reisetidsregistrering	84
3.30	Registrerte reisetider fra tunellmunning (A) til Sluppen bru (F)	85
3.31	Registrerte reisetider fra avkjøringsrampe (B) til Sluppen bru (F)	85
3.32	Registrerte reisetider fra Tempeveien (C) til Sluppen bru (F)	85
3.33	Faseplan for signalanlegget	86
4.1	Modell av vikepliktregulert kryss i SIDRA INTERSECTION 6.1	88
4.2	Modell av rundkjøring i SIDRA INTERSECTION 6.1	90
4.3	Modell av signalregulert kryss i SIDRA INTERSECTION 6.1	92
4.4	Nettverksmodell i SIDRA INTERSECTION 6.1	94
4.5	Oversikt over hvilke tilfarter som får redusert kapasitet	102
4.6	Modelleringsresultater etter kalibrering for tilfart fra Sluppen i lyskryss	107
4.7	Modelleringsresultater etter kalibrering for tilfart fra Tempeveien i rund- kjøring	107
4.8	Modelleringsresultater etter kalibrering for tilfart fra Sluppenvegen i rundkjøring	107
4.9	Modelleringsresultater etter kalibrering for tilfart fra Sluppenveien i T-kryss	108
4.10	Modelleringsresultater etter kalibrering for tilfart fra E6 Omkjøringsvegen i T-kryss	108
4.11	Avvik mellom trafikk utgående og inngående trafikk mellom T-krysset og rundkjøringen	109
4.12	Modelleringsresultater etter kalibrering for tilfart fra Sluppen i lyskryss .	112
4.13	Modelleringsresultater etter kalibrering for tilfart fra Tempeveien i rund- kjøring	112

4.14	Modelleringsresultater etter kalibrering for tilfart fra Sluppenvegen i rundkjøring	112
4.15	Modelleringsresultater etter kalibrering for tilfart fra Sluppenveien i T-kryss	113
4.16	Modelleringsresultater etter kalibrering for tilfart fra E6 Omkjøringsvegen i T-kryss	113
4.17	Beregnet metningsgrad for lenkene på nettverket	116
4.18	Beregnet avviklingskvalitet for lenkene på nettverket	117
4.19	Beregnet hastighetseffektivitet for lenkene på nettverket	118
4.20	Nettverksmodell i AIMSUN 8.1	119
4.21	Modellert og registrert trafikk på tilfart fra Sluppenvegen i rundkjøring	126
4.22	Modellert og registrert trafikk på tilfart fra Tempeveien i rundkjøring .	127
4.23	Modellert og registrert trafikk på tilfart fra Sluppenvegen i T-kryss . .	127
4.24	Modellert og registrert trafikk på tilfart fra E6 Omkjøringsvegen i T-kryss	127
4.25	Modellert og registrert reisetid fra tunnelmunning til lyskryss	129
4.26	Modellert og registrert reisetid fra avkjøringsrampe til lyskryss	130
4.27	Modellert og registrert reisetid fra Tempeveien til lyskryss	130
4.28	Modellert gjennomsnittlig forsinkelse for tilfart fra E6 omkjøringsvegen	131
4.29	Modellert gjennomsnittlig forsinkelse for tilfart fra Sluppenvegen . . .	131
4.30	Modellert gjennomsnittlig forsinkelse for tilfart fra Tempevegen	132

Tabeller

2.1	Parametere som beregnes ved bruk av avviklingsmodellen (Akcelik 2015)	23
2.2	Basisverdier for kritisk tidsluke og følgetid (Akcelik 2015, Vegdirektoratet 1985)	28
2.3	Justeringer ved andre konfigurasjoner enn basissituasjonen (Akcelik 2015)	29
2.4	Justeringer ved andre antall kjørefelt enn i basissituasjonen (Akcelik 2015)	29
2.5	Anbefalte verdier for «Extra Bunching» (Akcelik 2015)	34
2.6	Modelleringsresultater for ulike nettverkskomponenter i AIMSUN	47
2.7	Oppsummering av sentrale parametere i AIMSUN 8.1	57
3.1	Tidspunkter for utførelse av trafikkregistreringer	66
3.2	Totale trafikkmengder registrert i vikepliktregulert kryss i perioden 14:45 - 16:30	74
3.3	Fordeling av lette og tunge kjøretøy fra Sluppenvegen (A) i vikepliktregulert kryss i perioden 14:45 - 16:30	75
3.4	Fordeling av lette og tunge kjøretøy fra E6 Omkjøringsvegen (B) i vikepliktregulert kryss i perioden 14:45 - 16:30	75
3.5	Totale trafikkmengder registrert i rundkjøring i perioden 14:45 - 16:30	76
3.6	Fordeling av lette og tunge kjøretøy fra Sluppenvegen (C) i rundkjøring i perioden 14:45 - 16:30	77
3.7	Fordeling av lette og tunge kjøretøy fra Tempevegen (D) i rundkjøring i perioden 14:45 - 16:30	77
3.8	Fordeling av lette og tunge kjøretøy fra Sluppen bru (E) i rundkjøring i perioden 14:45 - 16:30	77
3.9	Svingebevegelser i rundkjøring fra Sluppenveien (C) i perioden 14:45 - 16:30	78
3.10	Svingebevegelser i rundkjøring fra Tempeveien (D) i perioden 14:45 - 16:30	78
3.11	Svingebevegelser i rundkjøring fra Sluppen bru (E) i perioden 14:45 - 16:30	78
3.12	Totale trafikkmengder registrert i lyskryss	79
3.13	Svingebevegelser i lyskryss fra Sluppen (F)	80

3.14	Svingebevegelser i lyskryss fra Marienborg (G)	80
3.15	Svingebevegelser i lyskryss fra Romolslia (H)	80
3.16	Gjennomsnittlige kølengder på tirsdag 3. mars	81
3.17	Gjennomsnittlige kølengder på onsdag 4. mars	82
3.18	Typiske varigheter for de ulike fasene i signalanlegget	86
4.1	Parameterverdier for modellering av vikepliktregulert kryss	89
4.2	Parameterverdier for modellering av rundkjøring	91
4.3	Parameterverdier for modellering av signalregulert kryss	93
4.4	Parameterverdier for nettverksmodell	94
4.5	Etterspørsel, tungtrafikkandeler og «Peak Flow Factor» for studieområdet	97
4.6	Gjennomsnittlige kølengder	98
4.7	Gjennomsnittlige forsinkelser (per kjøretøy)	99
4.8	Estimater på tilfartskapasitet	100
4.9	Kapasitetsberegninger for tilfartene i vikepliktregulert kryss	101
4.10	Kapasitetsberegninger for tilfartene i rundkjøring	101
4.11	Kapasitetsberegninger for tilfartene i signalregulert kryss	102
4.12	Beregnete gjennomsnittlige kølengder	103
4.13	Beregnete kølengder, forsinkelser og kapasitet før kalibrering av nettverksmodell	104
4.14	Anbefalte parametere for modellkalibrering i SIDRA INTERSECTION (Akcelik 2015)	105
4.15	Justeringer utført ved kalibrering av lyskryss	106
4.16	Beregnete kølengder, forsinkelser og kapasitet før kalibrering av nettverksmodell	110
4.17	Justeringer utført ved ny kalibrering av nettverksmodell	111
4.18	Beregnete kølengder, forsinkelser og kapasitet etter ny kalibrering	114
4.19	Resultater fra «Network Summary»	115
4.20	OD-matrise for tureterspørsel i perioden 14:45 - 15:45	121
4.21	OD-matrise for tureterspørsel i perioden 15:45 - 16:15	121
4.22	OD-matrise for tureterspørsel i perioden 16:15 - 16:30	121
4.23	Modelljusteringer ved Sluppen bru	123
4.24	Globale parametere	124
4.25	Kjøretøyparametere	125
4.26	Tommelfingerregler for tolkning av GEH-verdier (WISDOT 2014)	128

1

Kapittel 1

Innledning

1.1 Bakgrunn

Dårlig trafikkavvikling i rushtiden er et utbredt problem i mange byer og tettsteder. Høye trafikkvolumer i veg- og gatenettverk fører ofte til store kødannelser og forsinkelser, som medvirker til økte utslipp og redusert miljøkvalitet for omgivelsene. For å vurdere hvilke tiltak som kan gjennomføres for å bedre trafikksituasjonen i slike tilfeller kan trafikkmodeller være et nyttig verktøy. Det eksisterer i dag en rekke ulike trafikkmodeller som kan brukes for å modellere trafikkavviklingen i veg- og gatenettverk.

Det viser seg imidlertid ofte å være utfordrende å modellere trafikksituasjoner i vegnettverk hvor høye trafikkvolumer fører til sammenbrudd i avviklingen. I slike situasjoner vil trafikkavviklingen på ett sted i nettverket kunne bli påvirket av trafikkavviklingen i øvrige deler av nettverket. Særlig ved kryss som ligger nære hverandre vil det ofte oppstå tilbakeblokkering slik at kryssene vekselvirker med hverandre. Videre vil trafikantene ofte følge et annet atferdsmønster i slike situasjoner enn ved normale trafikkforhold.

SIDRA INTERSECTION er en trafikkmodell som lenge har blitt brukt for å vurdere kapasitets- og avviklingsforhold i enkeltstående vegkryss. Modellen brukes i mange land i verden og erfaring viser at det er rimelig god overensstemmelse mellom modell og virkelig trafikkavvikling. I versjon 6.0 ble programmet utvidet til også å kunne modellere vegnettverk. Denne funksjonaliteten ble videreutviklet i versjon 6.1 som ble lansert i februar 2015. Foreløpig finnes få erfaringer med bruk av denne nettverksmodellen.

AIMSUN er en etablert og anerkjent trafikkmodell som ofte brukes for å beskrive trafikkavvikling i mindre nettverk. AIMSUN er en detaljert simuleringsmodell som vanligvis brukes til å beskrive trafikksituasjoner på mikronivå. Programmet omfatter imidlertid også en mesomodell som kan brukes til mer overordnede analyser.

1.2 Målsetning

Målsetningen med denne oppgaven er å beskrive og teste ut den nye nettverksmodellen i SIDRA INTERSECTION 6.1. Modellen skal sammenlignes både med den etablerte trafikkmodellen AIMSUN 8.1 og med observasjoner fra virkelig trafikk. Basert på dette skal det vurderes hvor godt egnet modellen er til å beskrive og vurdere trafikkavviklingen i nettverk med høye trafikkvolumer og dårlig avviklingskvalitet. Det skal også vurderes hvilke deler av SIDRA INTERSECTION som eventuelt bør videreutvikles for at programmet skal bli en bedre nettverksmodell.

1.3 Oppgavens oppbygning

Denne oppgaven er inndelt i fem kapitler, inkludert innledningen. I kapittel 2 gjennomgås det teoretiske grunnlaget for oppgaven. Først gis en generell omtale av trafikkmodeller. Deretter gis en grundig beskrivelse av trafikkmodellen SIDRA INTERSECTION 6.1 med hovedvekt på modellering av kryss og nettverk. Videre blir det gitt en beskrivelse av AIMSUN 8.1 etter samme mønster. Til slutt blir det gjennomført en sammenligning av SIDRA INTERSECTION 6.1 og AIMSUN 8.1 for å klargjøre sentrale forskjeller i modellenes oppbygning og virkemåte.

I kapittel 3 gjennomgås hvilke målinger og registreringer som ble utført i felt. Først blir det gitt en presentasjon av oppgavens studieområde, og valget av dette blir begrunnet. Deretter blir det gitt en gjennomgang av hvilke målinger og registreringer som ble utført i studieområdet, samt hva som ble utfallet av disse.

I kapittel 4 gjennomgås modelleringene av trafikksituasjonen i studieområdet. Først gjennomgås modelleringen som ble utført i SIDRA INTERSECTION 6.1. Deretter gis en tilsvarende presentasjon av modelleringen som ble utført i AIMSUN 8.1. Det vil bli gjennomgått hvordan modellene ble bygget opp og tilpasset for at de best mulig skulle gjengi trafikksituasjonen i studieområdet. De oppnådde modelleringsresultatene vil også bli sammenlignet med registreringer fra felt for å vurdere trafikkmodellenes gyldighet. Til slutt vil det bli utført en sammenligning av modelleringene fra SIDRA INTERSECTION 6.1 og AIMSUN 8.1 for å belyse programmenes styrker og svakheter i forhold til hverandre.

I kapittel 5 blir det gjennomført en diskusjon om hvor godt egnet SIDRA INTERSECTION 6.1 er til å modellere trafikkavvikling i nettverk med høye trafikkvolumer og dårlig avviklingskvalitet. Det vil også bli vurdert hvilke deler av SIDRA INTERSECTION som bør videreutvikles for at programmet skal bli en bedre nettverksmodell.

2

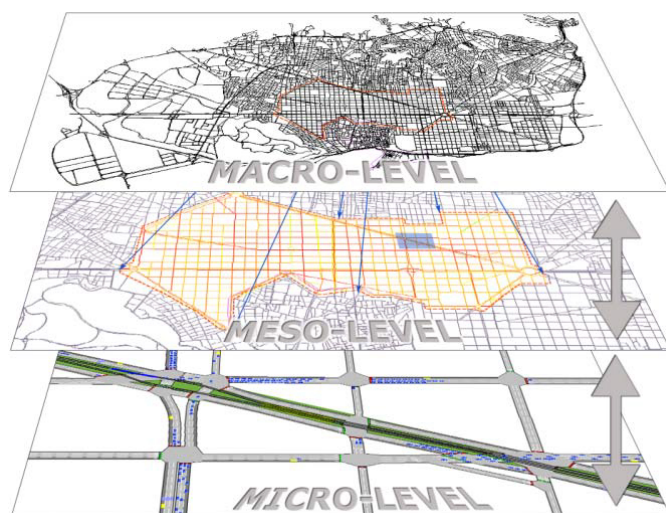
Beskrivelse av trafikkmodeller

2.1 Om trafikkmodeller

En modell kan defineres som en forenklet fremstilling av virkeligheten, med fokus på de trekk som anses å være viktige for modellens formål. Modeller kan brukes for å forstå, definere, kvantifisere, visualisere og simulere systemer og prosesser. Trafikkmodeller er abstrakte matematiske modeller som tar sikte på å beskrive trafikksystemer (Trafikkontoret 2005). Det eksisterer i dag en rekke trafikkmodeller, med ulik oppbygning og virkemåte. Man kan skille mellom ulike trafikkmodeller på flere måter. I det følgende vil det bli gitt en gjennomgang av noen sentrale egenskaper for ulike typer trafikkmodeller.

Makro-, mikro- og mesomodeller

En vanlig måte å inndele trafikkmodeller på er basert på deres detaljeringsgrad. Man snakker da ofte om makro-, mikro- og mesomodeller (Vejdirektoratet 2010).



Figur 2.1: Detaljeringsnivåer i trafikkmodeller (Aakre 2014d)

Makromodeller har lavest detaljeringsgrad. Her behandles kjøretøyene som en partikkelstrøm, og blir ikke individualisert. Makromodeller brukes ofte til langsiktige og overordnede vurderinger for områder med stor geografisk utstrekning.

Mikromodeller har høyest detaljeringsgrad. Her individualiseres kjøretøyene og interaksjonen mellom dem behandles enkeltvis. Mikromodeller brukes ofte for å analysere avgrensede gatenett eller enkeltkryss over en relativt kort tidsperiode.

Mesomodeller har en detaljeringsgrad som ligger mellom makro- og mikromodeller. Dette er modeller som ofte brukes til analyse av konkrete prosjekter med middels utstrekning både geografisk og tidsmessig.

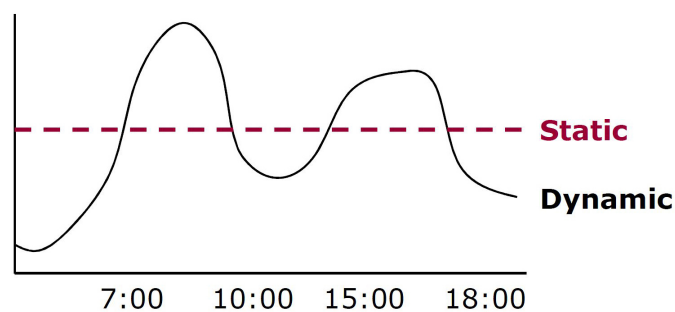
Analytiske modeller og simuleringsmodeller

Man kan også skille trafikkmodeller etter om de baseres på analytiske beregninger eller simuleringer. Analytiske beregningsmodeller bruker matematiske formler for å bestemme tilstanden i trafikksystemet som skal modelleres. Simuleringsmodeller bruker på sin side et sett med regler for å simulere kjøretøyenes bevegelser i trafikksystemet.

De analytiske beregningsmodellene er deterministiske, som vil si at de produserer det samme resultatet ved hver kjøring. Simuleringsmodellene er stokastiske, som vil si at hver kjøring vil gi ulike resultater. En konsekvens av dette er at man vanligvis må kjøre simuleringsmodeller flere ganger for å oppnå en normalfordeling med et akseptabelt konfidensintervall for modelleringsresultatene.

Statiske og dynamiske modeller

Trafikkmodeller kan også skilles basert på om de er statiske eller dynamiske. Statiske trafikkmodeller tar utgangspunkt i en gjennomsnittlig trafikksituasjon og tar ikke hensyn til trafikkvariasjoner i løpet av modelleringsperioden. Dynamiske modeller tar på sin side hensyn til variasjoner i trafikkmønsteret under modelleringen. Forskjellen mellom statiske og dynamiske trafikkmodeller er illustrert på figur 2.2.



Figur 2.2: *Dynamiske og statiske trafikkmodeller (Aakre 2014c)*

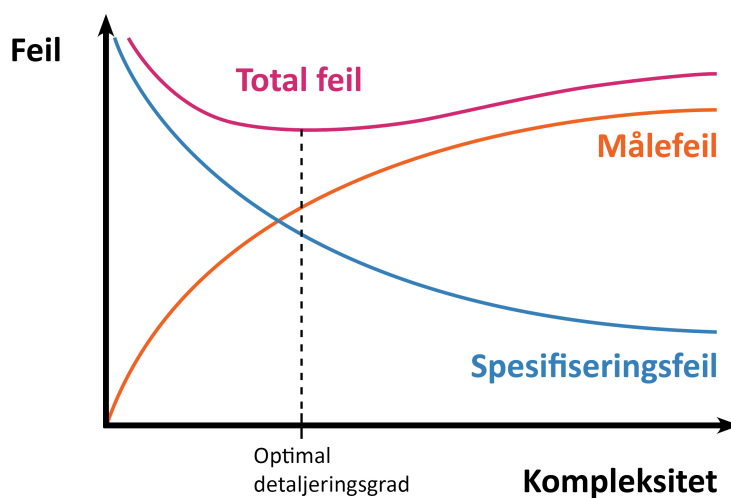
Empiriske og teoretiske modeller

En kan også skille mellom trafikkmodeller basert på om de er utviklet med et empirisk eller et teoretisk grunnlag. I praksis kan det være vanskelig å trekke entydige skiller mellom modellene på dette grunnlaget, da trafikkmodeller ofte utvikles med grunnlag i både teori og empiri. Eksempelvis er SIDRA INTERSECTION utviklet basert på trafikkteori, men programmet har også blitt justert og validert gjennom en utstrakt bruk av empiriske data fra reell trafikantatferd (Aakre 2014c).

Trafikkmodellens kompleksitet og nøyaktighet

Trafikkmodeller tar sikte på å beskrive trafikkavvikling ved å etterligne det trafikale samspillet mellom mennesket, kjøretøy og vegsystemet. Å lage en realistisk modell for trafikkavvikling er en komplisert oppgave, spesielt fordi hvert enkelt kjøretøy styres av en fører som foretar individuelle valg og vurderinger. Blant de viktigste utfordringene er å avgjøre hvor høy detaljeringsgrad og kompleksitet en trafikkmodell bør ha for å minimere sannsynligheten for feil.

En lav detaljeringsgrad vil kunne føre til feil grunnet mangelfull spesifisering av trafikksituasjonen («spesifiseringsfeil»). En høy detaljeringsgrad vil gi mulighet for en nøyaktig spesifisering av trafikksituasjonen, men vil også kunne øke sannsynligheten for feil da usikkerheten i beskrivelsene blir høyere («målefeil»). Avhengig av kvaliteten på inngangsdataene en har tilgjengelig eksisterer det en optimal detaljeringsgrad som gir best mulig beskrivelse av en trafikksituasjon med minst mulig usikkerhet. Dette er illustrert prinsipielt på figur 2.3.



Figur 2.3: Modellkompleksitet

2.2 Beskrivelse av SIDRA INTERSECTION 6.1

SIDRA INTERSECTION er et mikroanalytisk modelleringsverktøy som kan brukes for å gjøre detaljerte beregninger og vurderinger av kapasitets- og avviklingsforhold i ulike typer vegkryss. Programmet beregner en rekke parametere som kan brukes for å vurdere kryssløsninger, som kapasitet, avviklingskvalitet, kølengde, forsinkelse, stopp, kostnader, drivstofforbruk og utslipp (Akcelik 2015). Da samme teori og metodikk brukes i beregningene for alle krysstyper, egner programmet seg godt til å sammenligne ulike krysstyper med hverandre for å finne den mest optimale reguleringsform (Aakre 2014c).

SIDRA INTERSECTION er utviklet i Australia av Rahmi Akcelik og Mark Beasley. Programmet ble lansert for første gang i 1984 under navnet SIDRA. Programmet har siden skiftet navn til aaSIDRA og videre til SIDRA INTERSECTION. SIDRA er et akronym og står for Signalised & unsignalised Intersection Design and Research Aid (Akcelik 2015)

I versjon 6.0 ble SIDRA INTERSECTION utvidet til også å kunne modellere nettverk. Denne funksjonaliteten ble videreutviklet i versjon 6.1 som ble lansert i februar 2015. Mens man i tidligere utgaver kun har hatt mulighet til å modellere enkeltkryss, kan man nå sette sammen opptil 20 enkeltkryss til et nettverk (Akcelik 2015). Dette gjør at programmet nå kan brukes for å analysere et bredere spekter av trafikksituasjoner.

I dette kapittelet vil det bli gitt en presentasjon av SIDRA INTERSECTION 6.1 med hovedfokus på modellering av kryss og nettverk. Hensikten med kapittelet er å danne et godt teoretisk grunnlag for å kunne forstå hvordan modellen fungerer og hvordan den skal brukes på riktig måte.

Det vil først bli gitt en overordnet beskrivelse av hvordan programmet er bygget opp og hvordan det brukes for å lage modeller av vegkryss og nettverk. Deretter vil det bli gitt en beskrivelse av de viktigste modelleringsteknikkene som brukes i programmet, for å gi grunnlag for å forstå hvordan de ulike modelleringsresultatene blir beregnet. Til sist vil det bli sett nærmere på sentrale parametere som inngår i modellen, som det kan være aktuelt for brukeren å stille på ved kalibrering av en modell mot observerte forhold.

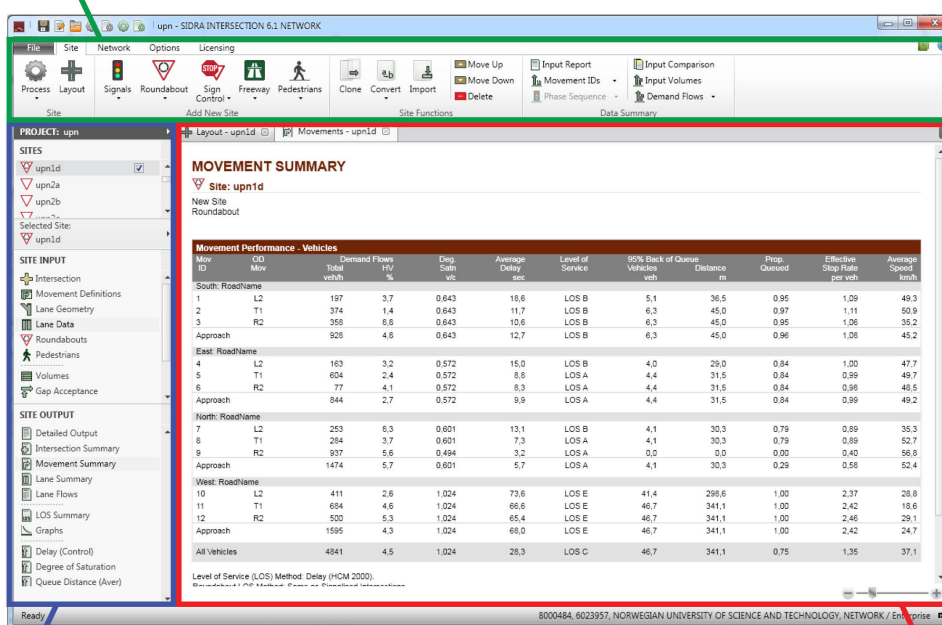
I hele kapittelet er det valgt å fokusere primært på de aspekter ved programmet som anses å være relevante i forhold til denne oppgaven. Dette medfører at beskrivelsen ikke vil gi et fullstendig bilde av programmets bredde og muligheter. For en mer komplett og utfyllende beskrivelse av programmet henvises det til brukermanualen til SIDRA INTERSECTION 6.1.

2.2.1 Bruk av SIDRA INTERSECTION 6.1

I det følgende vil det bli gitt en overordnet beskrivelse av hvordan SIDRA INTERSECTION 6.1 er bygget opp, og hvordan programmet kan brukes for å modellere kryss og nettverk.

Brukergrensesnittet i SIDRA INTERSECTION 6.1 har en logisk og lettfattelig oppbygning som består av tre hoveddeler: meny- og verktøylinjen, prosjektreet og visningsvinduet. Figur 2.4 viser hvor disse er plassert i programvinduet.

Meny- og verktøylinje



Prosjektreet

Visningsvindu

Figur 2.4: Brukergransnitt i SIDRA INTERSECTION 6.1

Ved bruk av SIDRA INTERSECTION 6.1 oppretter brukeren først et prosjekt. Innenfor dette prosjektet kan brukeren opprette modeller for vegkryss og nettverk som skal modelleres.

Et nettverk opprettes ved å sammenkoble to eller flere kryss. Før et nettverk kan opprettes må brukeren derfor opprette modeller for de ulike kryssene som skal inngå i nettverket. I det følgende vil det bli en gjennomgang av hvordan brukeren går frem for å opprette modeller av kryss og nettverk i programmet.

2.2.1.1 Modellering av kryss

Opprettelse av prosjekter, kryss og nettverk gjøres ved bruk av meny- og verktøylinjen. Ved opprettelse av kryss brukes «Site»-fanen, hvor brukeren kan velge mellom en rekke ferdigdefinerte kryssløsninger som kan brukes som utgangspunkt og deretter tilpasses av brukeren etter behov. Programmet har mulighet for å modellere alle vanlige kryssløsninger, som rundkjøringer, signalregulerte kryss, vikepliktregulerte kryss og så videre.

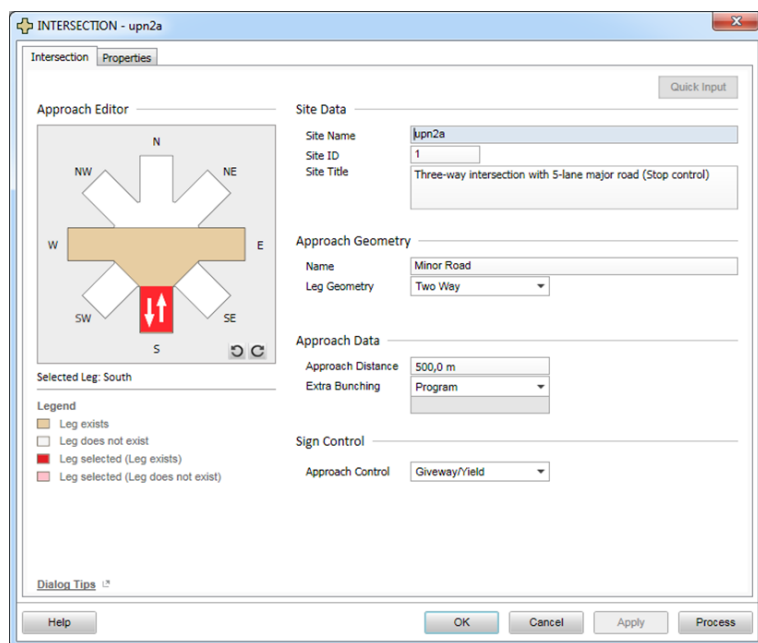
Etter å ha opprettet et nytt kryss brukes prosjekttreet for å tilpasse krysset til brukerens behov. Prosjekttreet inneholder lenker til en rekke vinduer hvor brukeren har mulighet til å angi inngangsdata knyttet til kryssets utforming og de trafikale forholdene i kryssområdet. Programmet omfatter totalt 11 inndatavinduer som det kan være aktuelt for brukeren å benytte ved konfigurering av en kryssmodell. Disse er:

- «Intersection»
- «Movement Definitions»
- «Lane Geometry»
- «Lane Data»
- «Roundabouts»
- «Pedestrians»
- «Volumes»
- «Priorities»
- «Gap Acceptance»
- «Vehicle Movement Data»
- «Phasing & Timing»

I det følgende vil det bli gitt en kort beskrivelse av de ulike typene inngangsdata som kan angis og justeres innenfor hvert av disse vinduene. Beskrivelsen er ikke fullstendig, men tar sikte på å gi et overordnet inntrykk av hvilke data brukeren gis anledning til å justere i programmet, samt hvor i programmet disse justeringene utføres. For en mer detaljert beskrivelse av hvilke inngangsdata som kan angis i hvert av vinduene henvises det til brukermanualen til SIDRA INTERSECTION 6.1.

Intersection

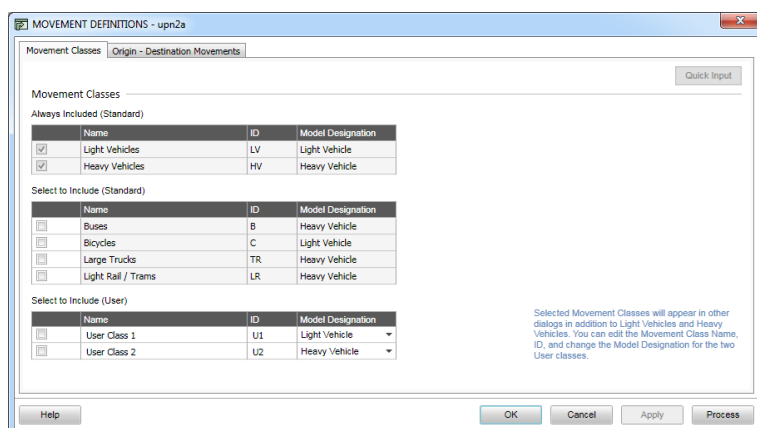
Her spesifiseres kryssets utforming med antall tilfarter, tilfarterenes orientering og lengde, samt tillatte kjøretøretninger på hver tilfart.



Figur 2.5: Inndatavindu - «Intersection»

Movement Definitions

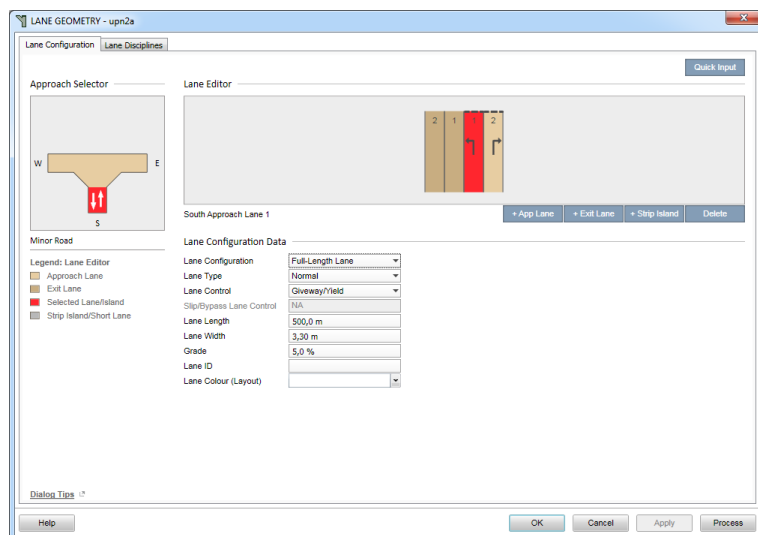
Her spesifiseres hvilke kjøretøygrupper som inngår i trafikkstrømmene gjennom krysset. Programmet har en rekke forhåndsdefinerte kjøretøy som brukeren kan velge mellom, men brukeren kan også definere egne kjøretøy. Videre angis hvilke svingebevegelser som kan gjennomføres i krysset.



Figur 2.6: Inndatavindu - «Movement Definitions»

Lane Geometry

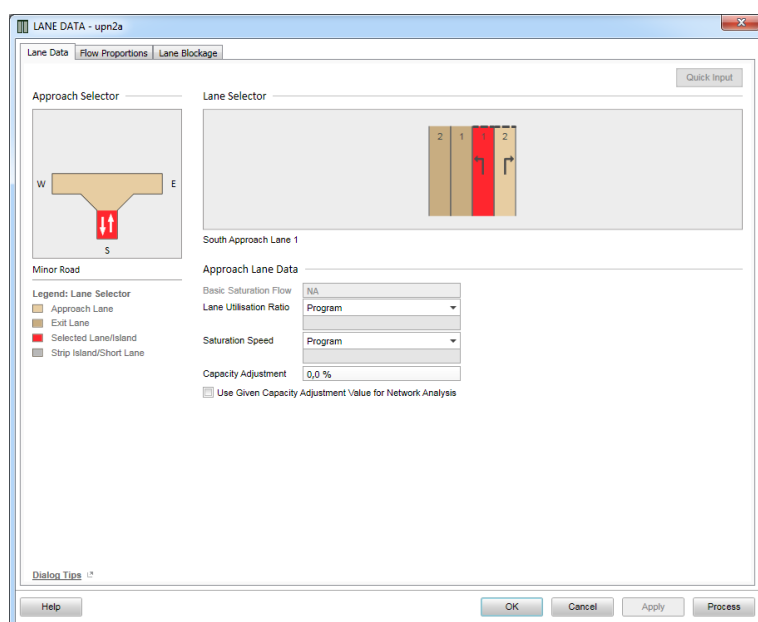
Her bestemmes geometrisk utforming for hver tilfart i krysset. Her angis antall kjørefelt for hver tilfart og feltype, lengde, bredde, stigningsgrad og reguleringsform for hvert av kjørefeltene. Videre angis hvilke svingebevegelser som er tillatt å utføre fra hvert felt.



Figur 2.7: Inndatavindu - «Lane geometry»

Lane Data

Her kan brukeren angi metningsvolum for hvert kjørefelt i krysset. Dersom flere kjørefelt kan brukes til å foreta samme svingebevegelse i krysset kan brukeren også angi hvordan trafikken som gjennomfører bevegelsen skal fordeles på de aktuelle kjørefeltene.



Figur 2.8: Inndatavindu - «Lane Data»

Roundabouts

Her angis blant annet øydialoger, antall felt og bredde i sirkulasjonsområdet samt radius og vinkel for de ulike innkjørslene i en rundkjøring. Dersom rundkjøringen er utstyrt med tilfartskontroll vil også innstillingene for denne bli angitt her.

Approach	S	E	N	W
Number of Circ Lanes	2	2	2	2
Circulating Width	10,0 m	10,0 m	10,0 m	10,0 m
Island Diameter	30,0 m	30,0 m	30,0 m	30,0 m
Inscribed Diameter	Program	Input	Program	Input
Entry Radius	20,0 m	20,0 m	20,0 m	20,0 m
Entry Angle	30,0 °	30,0 °	30,0 °	30,0 °
Raindrop Design	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Circulating Transition Line	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Number of Downstream Circ Lanes	Program	Program	Program	Program

Approach	S	E	N	W
Environment Factor	1,00	1,00	1,00	1,00
Entry/Circ Flow Adjustment	Medium	Medium	Medium	Medium

Figur 2.9: Inndatavindu - «Roundabouts»

Pedestrians

Her angis hvorvidt fotgjengere krysser de ulike tilfartene i krysset og hvor store forgjengervolumer det i så fall er snakk om. Her angis også hvilke krysningsarrangementer for fotgjengere som eksisterer i krysset.

Main Crossing

None
 Full Crossing
 Staged Crossing

Full crossing is not allowed for roundabout sites.

Volume Data Settings for Site

Unit Time for Volumes: 60 minutes
Peak Flow Period: 30 minutes

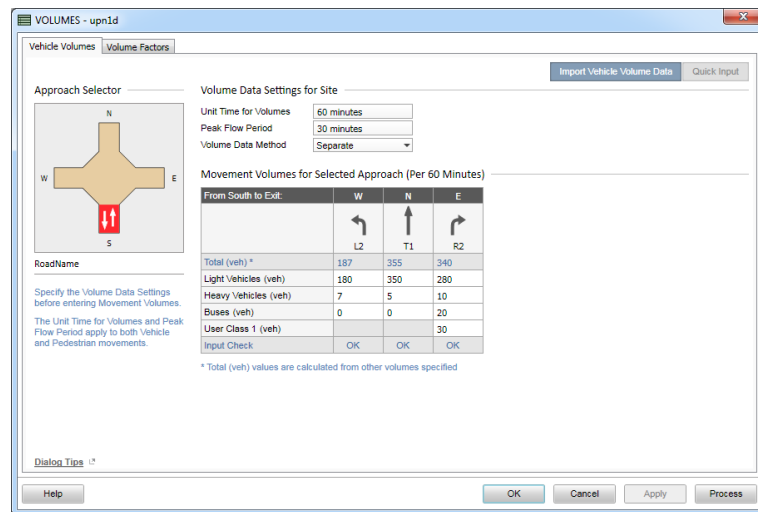
Volume Data

No Pedestrian Movements exist in the South Approach.

Figur 2.10: Inndatavindu - «Pedestrians»

Volumes

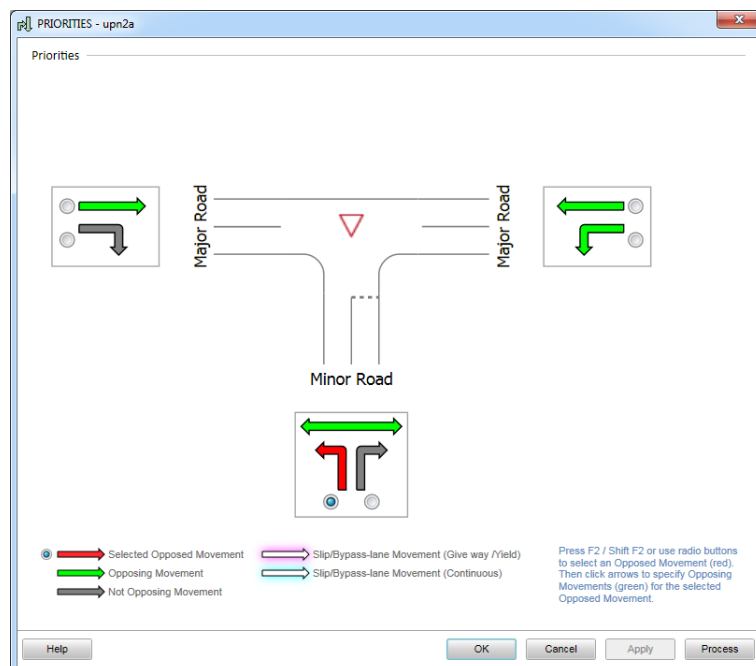
Her angis trafikkvolumer for hver svingebevegelse gjennom krysset. Det skilles her mellom de ulike kjøretøygruppene som inngår i trafikkstrømmen.



Figur 2.11: Inndatavindu - «Volumes»

Priorities

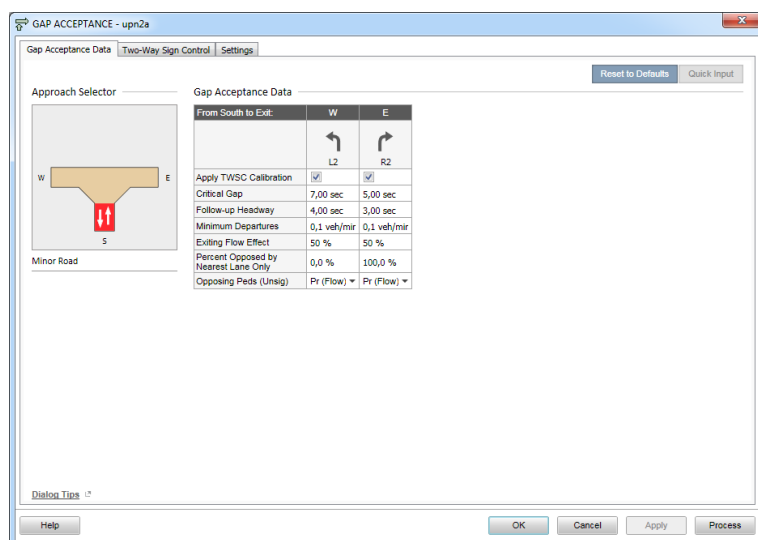
Her angis hvilke svingebevegelser som har prioritet gjennom krysset og hvilke svingebevegelser som har vikeplikt.



Figur 2.12: Inndatavindu - «Priorities»

Gap Acceptance

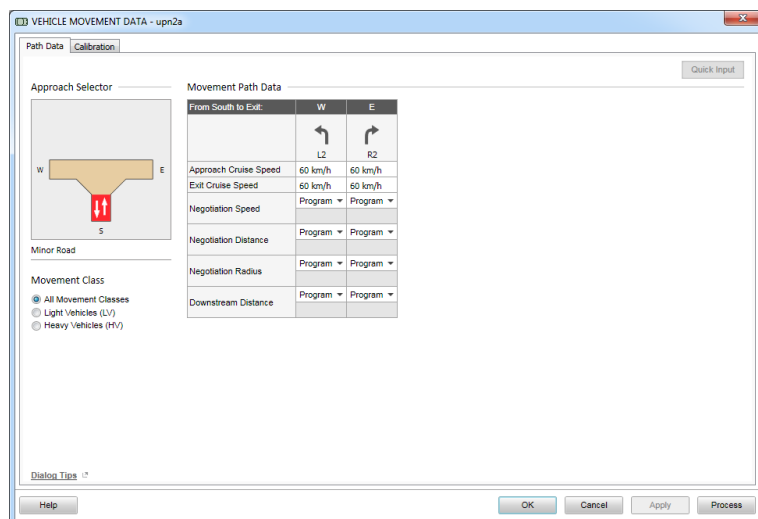
Her angis kritisk tidsluke og følgetid, samt andre faktorer som påvirker føreratferden for de av bevegelsene gjennom krysset som har vikeplikt for andre bevegelser.



Figur 2.13: Inndatavindu - «Gap Acceptance»

Vehicle Movement Data

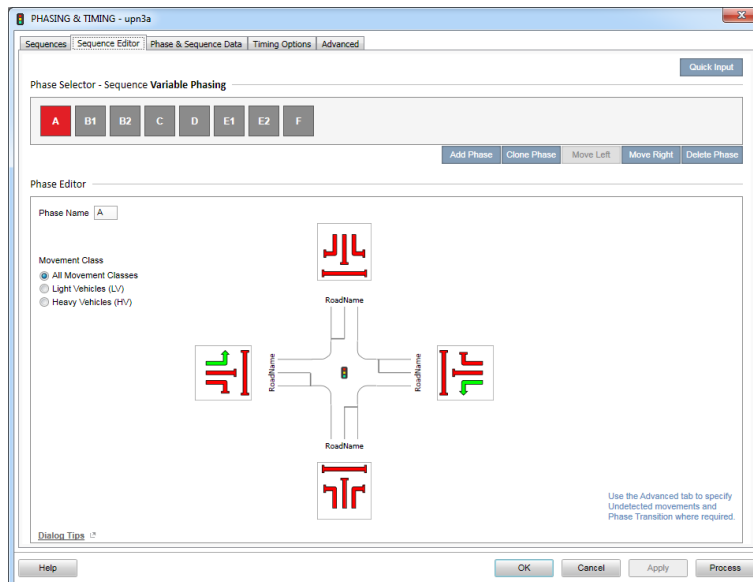
Her kan brukeren angi friflythastighet inn og ut av krysset for hver bevegelse gjennom krysset. Det kan spesifiseres ulike hastigheter for ulike kjøretøygrupper. Videre kan brukeren endre karakteristika knyttet til de ulike kjøretøyklassene som for eksempel lengde på kjøretøy og gjennomsnittlig belegg.



Figur 2.14: Inndatavindu - «Vehicle Movement Data»

Phasing & Timing

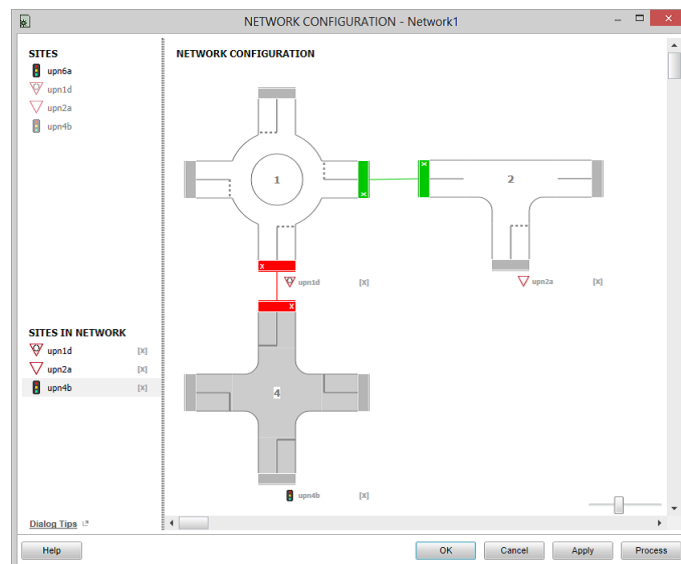
Dersom krysset som skal modelleres er signalregulert brukes dette vinduet for å angi hvorvidt signalanlegget har en fast faseplan eller om det baseres på kjøretøyaktivering. Videre spesifiseres de ulike fasene som inngår i signalanlegget, rekkefølgen på fasene, gul- og rødtider mellom fasene, samt hvilken metode som skal brukes for å beregne omløpstid i signalanlegget.



Figur 2.15: Inndatavindu - «Phasing & Timing»

2.2.1.2 Modellering av nettverk

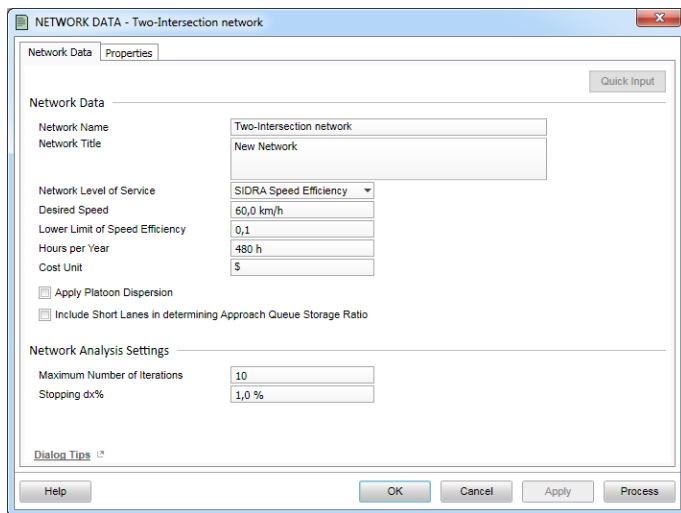
Etter at brukeren har opprettet to eller flere kryss, kan disse kobles sammen i et nettverk. Dette gjøres ved først å opprette en ny nettverksmodell ved bruk av meny- og verktøylinjen og deretter åpne vinduet «Network Configuration» fra prosjektreet for å velge hvilke kryss som skal kobles sammen.



Figur 2.16: Inndatavindu - «Network Configuration»

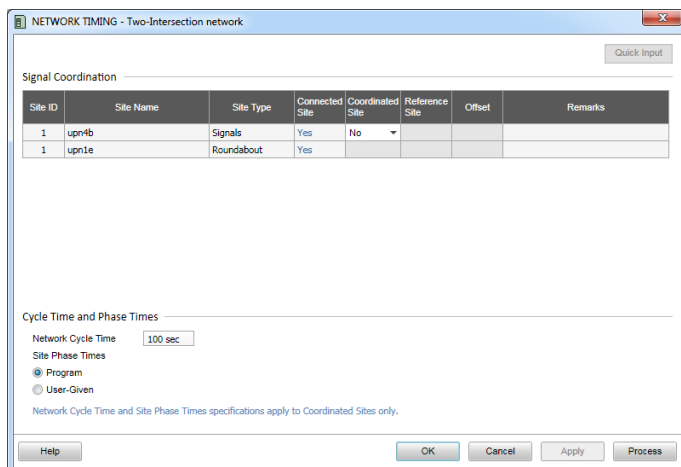
Vinduet «Network Configuration» er vist på figur 2.16. Her velges hvilke kryss som skal inngå i nettverket og hvilke armer i kryssene som skal kobles sammen. For at to kryssarmer skal kunne kobles sammen må de være konfigurert likt med hensyn på hvilken side av vegen det kjøres på, de må ha like mange kjørefelt, og lengdene på tilfartene («Approach Distance») må være like. Ved sammenkobling vil programmet automatisk kontrollere om disse betingelsene er oppfylt, og gi advarsler eller feilmeldinger dersom de ikke er det.

Ved modellering av nettverk vil programmet ta utgangspunkt i inngangsdata fra modellene av de ulike kryssene i nettverket. Angitte trafikkmengder og bevegelser gjennom hvert av kryssene vil bli brukt for å modellere trafikkstrømmene gjennom nettverket ved bruk en iterativ prosess (blir beskrevet nærmere i kapittel 2.2.2.3). Mesteparten av nettverkskonfigurasjonen vil således følge av konfigurasjonene av de enkelte kryss. Brukeren har imidlertid mulighet til å angi noen inngangsdata knyttet spesifikt til nettverket. Dette gjøres i vinduene «Network Data» og «Network Timing».



Figur 2.17: Inndatavindu - «Network Data»

Vinduet «Network Data» er vist på figur 2.17. Her kan brukeren angi hvilken metode som skal brukes av programmet for å beregne av avviklingskvalitet for nettverket («Network Level of Service»). Videre kan brukeren velge om programmet skal ta hensyn til at puljekjøring ut av et lyskryss vil oppløses dersom avstanden frem til neste kryss er tilstrekkelig stor, og hvorvidt korte kjørefelt skal inkluderes når programmet skal vurdere hvilke kjørefelt som har størst købelastning. Brukeren kan også spesifisere maksimalt antall iterasjoner og maksimal feilmargin i nettverksanalysen, noe som vil påvirke analysetiden og presisjonen på modelleringsresultatene.



Figur 2.18: Inndatavindu - «Network Timing»

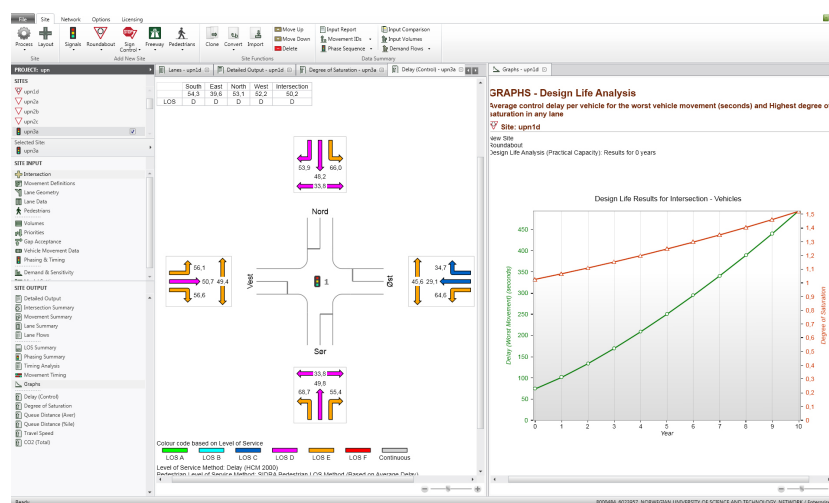
Vinduet «Network Timing» er vist på figur 2.18. Dette inndatavinduet er relevant dersom nettverket omfatter flere signalregulerte kryss som er samkjørte med hverandre. Her kan brukeren angi den tidsmessige forskjellen mellom fasestart for etterfølgende samkjørte signalanlegg i nettverket, samt omløpstid for hele nettverket.

2.2.1.3 Analyseresultater

Etter at brukeren har opprettet og konfigurert en modell av et kryss eller et nettverk i SIDRA INTERSECTION kan programmet utføre trafikktekniske analyser basert på modellen. Dette gjøres ved at brukeren klikker på knappen «Process» på meny- og verktøylinjen. Programmet produserer da en rekke analyseresultater som presenteres i form av tabeller, grafer og figurer i visningsvinduet. Ved analyser av nettverk beregnes et bredt utvalg analyseresultater for hvert av kryssene i nettverket, samt et knippe resultater som beskriver avviklingsforholdene i nettverket forøvrig. Blant de viktigste parametere som blir beregnet for hvert kryss er:

- Kapasitet
- Forsinkelse
- Kølengde
- Metningsgrad
- Avviklingskvalitet (Level Of Service)
- Gjennomsnittshastighet
- Antall stopp
- Kostnader
- Drivstofforbruk
- Utslipp (CO₂, HC, CO, NO_x)

Programmet beregner analyseresultater både for kryssene som helhet samt for hver tilfart, hvert kjørefelt og hver kjøretøybevegelse i kryssene. Analyseresultater for de enkelte kryss finnes i prosjekttreet for kryssene. Figur 2.19 viser eksempler på analyseresultater for enkeltkryss fra SIDRA INTERSECTION 6.1.

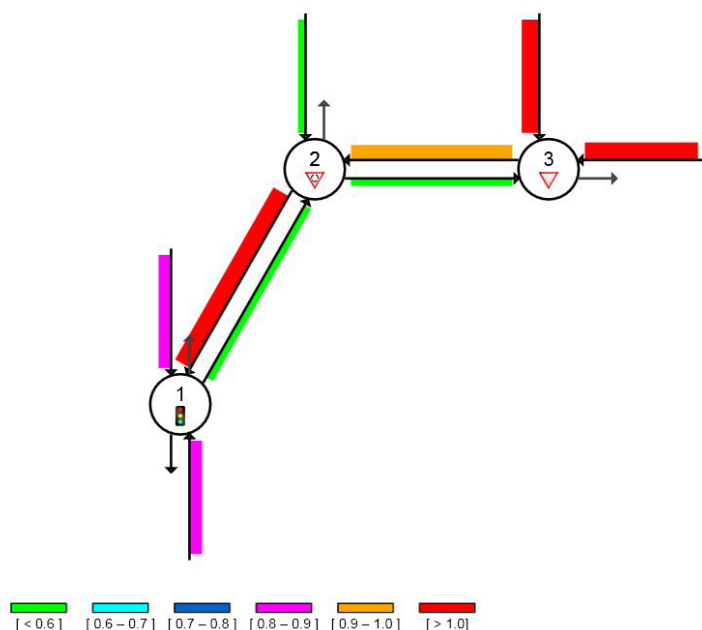


Figur 2.19: Analyseresultater fra SIDRA INTERSECTION 6.1

Foruten resultatene som beregnes for hvert kryss blir det også beregnet et knippe analyseresultater som beskriver trafikksituasjonen i nettverket som helhet. Disse kan finnes under nettverksfanen på meny- og verktøylinjen. I det følgende vil det gis en kort omtale av disse resultatene

Under fanevalget «Network Summary» finnes en tabell med en rekke analyseresultater for nettverket som helhet. Her presenteres blant annet beregnede verdier for gjennomsnittlig forsinkelse, gjennomsnittlig hastighet, avviklingskvalitet, totalt drivstofforbruk og totale utslipp for alle kryss og lenker i nettverket samlet sett. Det gis imidlertid ingen informasjon om hvordan avviklingsforholdene varierer mellom ulike deler av nettverket. Analyseresultatene under «Network Summary» kan dermed være nyttige for å få et inntrykk av de samlede avviklingsforholdene i nettverket, men gir ikke grunnlag for å foreta vurderinger om avviklingsforholdene på de enkelte lenkene i nettverket.

Det beregnes ingen tallverdier som beskriver avviklingsforholdene på de enkelte lenkene i et nettverk i SIDRA INTERSECTION. Under fanevalget «Network Displays» finnes imidlertid grafiske presentasjoner som beskriver avviklingsforholdene på lenkene i nettverket på et overordnet nivå. Her brukes fargekoder for å vise hvordan avviklingsforholdene varierer mellom de ulike lenkene i nettverket. Blant annet finnes kan en her finne informasjon om metningsgrad, avviklingskvalitet og sannsynlighet for tilbakeblokkering for hver av lenkene i nettverket. Figur 2.20 viser et eksempel på en grafisk presentasjon av hvordan metningsgraden varierer for ulike lenker i et nettverk.



Figur 2.20: Grafisk presentasjon av metningsgrad for ulike lenker i et nettverk

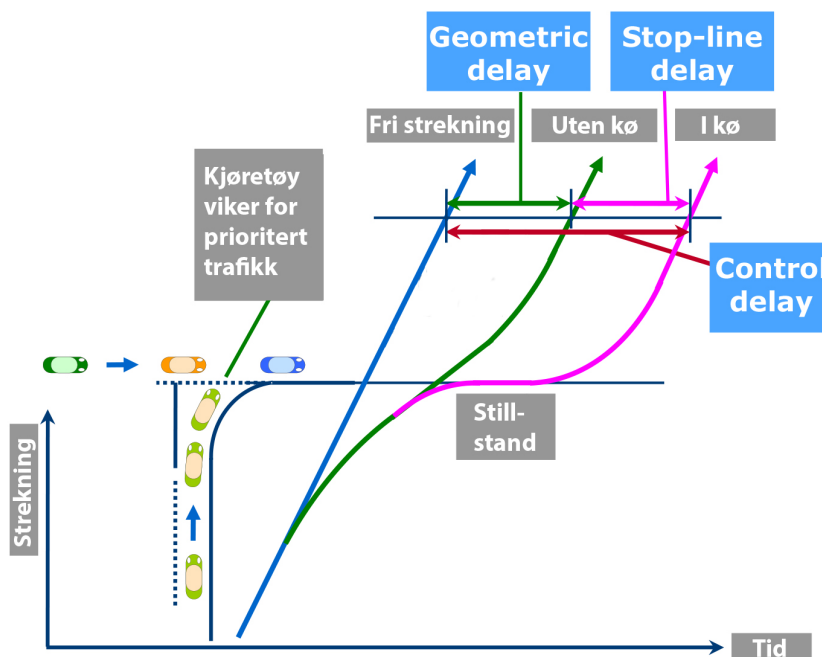
2.2.1.4 Nærmere om forsinkelse og kølengde

Forsinkelse og kølengde er blant de viktigste analyseresultatene i SIDRA INTERSECTION 6.1. Programmet beregner flere ulike parametere for å beskrive disse forholdene. For å kunne tolke resultatene riktig er det viktig med en presis forståelse av hva de ulike parameterne betyr. I det følgende vil det derfor bli sett nærmere på de ulike parameterne som blir beregnet for å beskrive forsinkelse og kølengde.

Forsinkelse

Den samlede forsinkelse gjennom et kryss kan defineres som «tidsforbruket ved passering av et nærmere definert kryssområde fratrukket den tid som ville medgått til passering av samme distanse på en fri vegstrekning med samme hastighetsgrense» (Johannessen 1975). Den totale forsinkelse er sammensatt av både trafikkuaavhengige og trafikkavhengige forsinkelsesbidrag.

I SIDRA INTERSECTION 6.1 beregnes både trafikkavhengige og trafikkuaavhengige forsinkelser, samt total forsinkelse. Figur 2.21 illustrerer de ulike forsinkelsesbidragene et kjøretøy kan oppleve ved ferdsel gjennom et kryss. Den blå linjen viser et kjøretøy med fri fart på en strekning, uten noen form for forsinkelse. Den grønne linjen inkluderer forsinkelsen et kjøretøy vil oppleve som følge av at det må redusere hastigheten på grunn av kryssets geometriske utforming. Den rosa linjen viser forsinkelsen til kjøretøy som i tillegg må vike for trafikk med høyere prioritet, og dermed må vente ved stopplinja.



Figur 2.21: Forsinkelseskomponenter i SIDRA INTERSECTION 6.1 (Akcelik 2015)

Figur 2.21 viser også de viktigste forsinkelsesbegrepene som beregnes i SIDRA INTERSECTION 6.1: «Geometric Delay», «Stop-line Delay» og «Control Delay».

«Geometric delay» omfatter forsinkelsene et kjøretøy vil oppleve som følge av at det må redusere hastigheten på grunn av kryssets geometriske utforming. «Stop-line delay» er forsinkelsen et kjøretøy opplever som følge av at det må vike for trafikk med høyere prioritet. «Control delay» er summen av «Geometric delay» og «Stop-line delay», og er således den totale forsinkelsen et kjøretøy vil oppleve gjennom krysset.

Programmet beregner også andre forsinkelsesbegreper som gir en mer detaljert beskrivelse av bestanddelene i de omtalte forsinkelseskomponentene. Blant annet er det mulig å se hvor stor del av forsinkelsene som har oppstått som følge av at kjøretøyet må bremse og akselerere. Disse forsinkelsesbegrepene vil ikke bli omtalt nærmere her.

Kø lengde

I SIDRA INTERSECTION 6.1 blir det beregnet to typer kø lengde i løpet av en analyse: «Back of queue» og «Cycle-average Queue».

«Back of queue» er den lengste observerte kø lengden i løpet av analyseperioden, mens «Cycle-average Queue» er gjennomsnittlig kø lengde over hele i analyseperioden.

I tillegg til å beregne gjennomsnittsverdier for hver av disse kø typene, beregner SIDRA INTERSECTION også 70-, 85-, 90-, 95-, 98-prosentpersentiler for kø lengder, slik at brukeren kan få et inntrykk av hvor ofte ulike kø lengder overskrides.

I SIDRA INTERSECTION blir 95-prosentpersentilen for kø lengder brukt som en standardverdi i en rekke av analyseresultatene. I følge brukermanualen til programmet er dette en størrelse som vanligvis er godt egnet for de fleste typer trafikkanalyser (Akcelik 2015). Brukeren har imidlertid mulighet til å endre denne standardverdien til en av de andre beregnede prosentpersentilene dersom dette er ønskelig.

2.2.2 Delmodeller i SIDRA INTERSECTION 6.1

For å kunne oppnå en realistisk modellering av en gitt trafikksituasjon er det viktig med en god forståelse av modellens virkemåte. I dette delkapittelet vil det bli sett nærmere noen av delmodellene som ligger bak beregningene som utføres i SIDRA INTERSECTION 6.1. Det vil først bli sett nærmere på hvordan programmet beregner de sentrale analyseresultatene kapasitet, forsinkelse og kølengde. Videre vil det bli gitt en beskrivelse av virkemåten til nettverksmodellen som nylig er implementert i programmet.

2.2.2.1 Modell for beregning av kapasitet

Kapasiteten i enkeltkryss beregnes i SIDRA INTERSECTION 6.1 på ulike måter avhengig av kryssets reguleringsform. I det følgende vil det bli gjennomgått hvordan kapasiteten blir beregnet for ulike krysstyper.

For signalregulerte kryss beregnes kapasiteten til hvert kjørefelt ved bruk av formelen:

$$\text{Kapasitet} = \text{Metningsvolum} \times \frac{\text{Effektiv grøntid}}{\text{Omløpstid}}$$

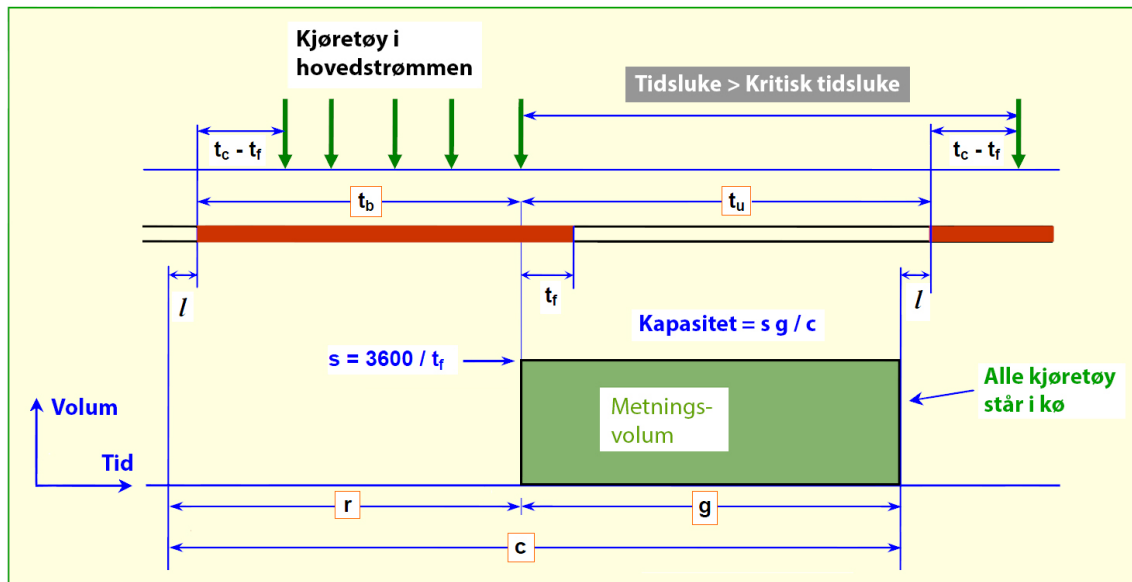
Omløpstiden er her summen av effektiv grøntid og effektiv rødtid i signalanlegget for det aktuelle kjørefeltet.

For vikepliktregulerte kryss og rundkjøringer beregnes kapasiteten ved bruk av en modell som er analog til modellen som brukes for signalanlegg. Det matematiske formelverket er det samme, men innholdet i de ulike parameterne er annerledes. Utgangspunktet for denne modellen er tidslukeaksept.

Istedenfor «effektiv grøntid» brukes her «effektiv ublokkert tid», som vil si den totale tiden i løpet av et omløp hvor tidslukene i hovedstrømmen er større enn kritisk tidsluke, slik at ventende kjøretøy kan kjøre inn i hovedstrømmen. Istedenfor «effektiv rødtid» brukes «effektiv blokkert tid», som vil si den totale tiden i løpet av et omløp hvor tidsluken mellom kjøretøyene i hovedstrømmen er mindre enn kritisk tidsluke, slik at ventende kjøretøy ikke kan kjøre inn i hovedstrømmen. «Omløpstiden» blir her summen av blokkert og ublokkert tid. Kapasiteten for hvert kjørefelt i vikepliktregulerte kryss og rundkjøringer blir dermed beregnet ved formelen:

$$\text{Kapasitet} = \text{Metningsvolum} \times \frac{\text{Effektiv ublokkert tid}}{\text{Effektiv ublokkert tid} + \text{Effektiv blokkert tid}}$$

Figur 2.22 illustrerer prinsippet som brukes ved beregning av kapasitet for vikepliktregulerte kryss og rundkjøringer. Her vises også sammenhengen mellom de ulike størrelsene som inngår i beregningene.



Figur 2.22: Prinsipp for beregning av kapasitet i vikepliktregulerte kryss og rundkjøringer (basert på figur fra Akcelik 2007).

2.2.2.2 Modell for beregning av forsinkelse og kølengde

Kølengde og forsinkelse, samt en rekke andre parametere som beskriver avviklingskvaliteten i et kryss, modelleres i SIDRA INTERSECTION ved bruk av en avviklingsmodell bestående av tre ledd. Modellen kan uttrykkes ved relasjonen:

$$P = P_1 + P_2 + P_g$$

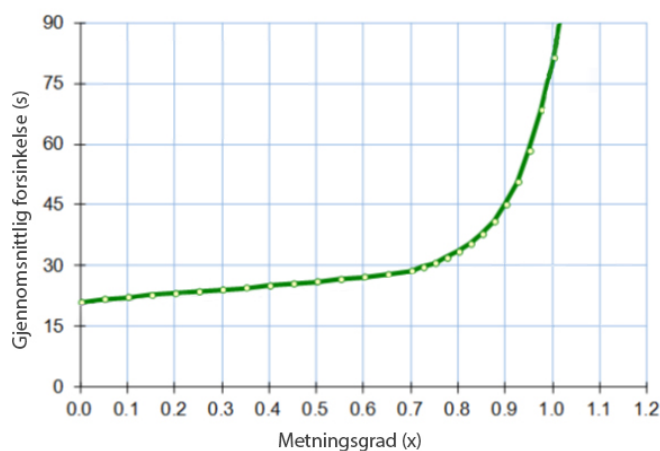
P er her en parameter som beskriver avviklingskvaliteten gjennom et kryss, som for eksempel kølengde eller forsinkelse. Denne parameteren består av tre bidrag, kalt P_1 , P_2 og P_g .

P_1 omfatter påvirkninger på avviklingskvaliteten ved lave trafikkvolumer («non-overflow conditions»). Eksempler på slike påvirkninger er effekten av rødtid i signalregulerte kryss, eller mangelen på akseptable tidsluker (blokkert tid) i vikepliktregulerte kryss.

P_2 omfatter påvirkninger som skjer ved høye trafikkvolumer («overflow conditions»). Et eksempel på en slik påvirkning er dersom inngående trafikkmengde på en tilfart i et signalregulert kryss er så høy at køen bak tilfarten ikke rekker å avvikles i løpet av en grønnperiode.

P_g omfatter påvirkninger fra kryssets geometriske utforming, som i hovedsak vil si den geometriske forsinkelsen et kjøretøy opplever ved å måtte manøvrere gjennom krysset sammenlignet med om det kunne kjørt på en fri vegstrekning med samme hastighetsgrense.

Når trafikkvolumet nærmer seg kapasitetsgrensen vil det oppstå store forsinkelser og kølengder. I slike situasjoner vil leddet P_2 spille en stor rolle i avviklingsmodellen. Økningen i forsinkelser og kølengder vil da skje med ikke med et ikke-lineært forhold. Figur 2.23 viser prinsipielt hvordan gjennomsnittlig forsinkelse varierer som funksjon av metningsgrad ved bruk av avviklingsmodellen i SIDRA INTERSECTION 6.1. Kølengden vil variere etter et tilsvarende mønster (Akcelik 2015).



Figur 2.23: Gjennomsnittlig forsinkelse som funksjon av metningsgrad ved bruk av avviklingsmodellen i SIDRA INTERSECTION (Akcelik 2015)

Tabell 2.1 oppsummerer hvilke parametere som beregnes ved bruk av avviklingsmodellen i SIDRA INTERSECTION, samt hvilke av de tre bidragene som inngår i beregningene av parameterne.

Tabell 2.1: Parametere som beregnes ved bruk av avviklingsmodellen (Akcelik 2015)

Parameter	P_1	P_2	P_g
Forsinkelse	Ja	Ja	Ja
Kølengde	Ja	Ja	Nei
Antall stopp	Ja	Ja	Ja
Tid for avvikling av kø	Ja	Nei	Nei
Andel kjøretøy som må stå i kø	Ja	Nei	Nei
Køens bevegelse fremover (ved flere stopp)	Nei	Ja	Nei

2.2.2.3 Nettverksmodell

Ved modellering av nettverk bruker SIDRA INTERSECTION en nettverksmodell hvor hvert enkelt kjørefelt i nettverket blir behandlet individuelt. Dette gir en høyere detaljeringsgrad enn for de fleste tradisjonelle analytiske nettverksmodeller, som ofte baseres på å analysere trafikksituasjonen for aggregerte grupper av kjørefelt eller hele tilfarter (Akcelik 2015). En slik feltbasert nettverksmodell har flere fordeler, da den gir mulighet til å ta hensyn til en rekke situasjoner som mindre detaljerte modeller ikke kan modellere. Blant annet kan den feltbaserte nettverksmodellen ta hensyn til følgende aspekter:

- Et kjøretøy som kommer kjørende oppstrøms for en kø vil ikke nødvendigvis bli påvirket av køen, dersom det ikke trenger å bruke kjørefeltet hvor den befinner seg.
- Belastningsgrad, og dermed sannsynligheten for tilbakeblokkering, kan variere betydelig mellom ulike kjørefelt på samme krysstillfart.
- Det kan forekomme tilfeller hvor enkelte kjørefelt på en tilfart blir brukt mindre enn andre, for eksempel dersom man har et ulikt antall kjørefelt oppstrøms og nedstrøms for et kryss.
- Feltskifter kan være problematiske å utføre over korte strekninger hvor man har lange køer.

(Akcelik 2015)

Nettverksmodellen i SIDRA INTERSECTION baseres særlig på å balansere effektene av to typer hendelser som kan påvirke avviklingen i resten av nettverket. Disse to hendelsene er:

1. Kødannelser som spres bakover i nettverket og blokkerer oppstrøms kjørefelt.
2. Overbelastninger på oppstrøms kjørefelt som gir redusert innkommende trafikkmengde på nedstrøms kjørefelt.

Disse to hendelsene vekselvirker med hverandre, men med motsatte virkninger. Kødannelser som gir tilbakeblokkering vil føre til redusert kapasitet på oppstrøms kjørefelt, noe som vil øke sannsynligheten for at det kan oppstå overbelastning på disse feltene. Dersom det oppstår overbelastning på oppstrøms kjørefelt vil dette på sin side føre til en reduksjon i utgående trafikkmengde fra disse feltene, noe som vil redusere nedstrøms kølengder og gi lavere sannsynlighet for at det skal oppstå tilbakeblokkering.

Nettverksmodellen i SIDRA INTERSECTION bruker en iterativ fremgangsmåte for å finne en trafikksituasjon hvor disse motstridende effektene er i likevekt med hverandre. Fremgangsmåten omfatter følgende operasjoner:

1. Trafikkvolumene i nettverket blir beregnet basert på angitte inngangsdata for de enkelte kryss i nettverket.
2. Dersom det forekommer forskjeller i trafikkmengden ut av et kryss og trafikkmengden inn i et etterfølgende kryss, vil dette modelleres som en inn- eller utkjøring tilsvarende differansen i trafikkvolum midt på lenken mellom kryssene.
3. Dersom et kjørefelt blir funnet å være overbelastet, vil programmet begrense den utgående trafikkmengden fra dette feltet.
4. Inngående trafikkmengde på kjørefelt som ligger på en lenke innad i nettverket bestemmes basert på utgående trafikkmengde fra korresponderende kjørefelt oppstrøms.
5. Utgående trafikkmengde fra et kjørefelt som ligger på en lenke innad i nettverket bestemmes basert på utgående trafikkmengde fra korresponderende kjørefelt oppstrøms, samt eventuelle inn- og utkjøringer på lenken.
6. Trafikkmengdene ut fra et kryss blir fordelt på kjørefeltene i kryssets avkjørsler basert på angitte trafikkfordelinger for de korresponderende kjørefelt i kryssets tilfarer.
7. Angitte trafikkfordelinger for kjørefeltene i en krysstillfart blir brukt for å beregne sannsynligheten for at det vil oppstå kødannelser nedstrøms som medfører tilbakeblokkering i krysset.
8. Sannsynligheten for at det skal oppstå tilbakeblokkering blir brukt for å redusere kapasiteten på de aktuelle kjørefelt oppstrøms, for å simulere spredning av kø bakover i vegnettverket.
9. Dersom kapasitetsreduksjonen på oppstrøms kjørefelt medfører at feltene blir overbelastet, slik at sannsynligheten for tilbakeblokkering blir redusert, vil programmet utføre en ny iterasjon av modellen med en lavere kapasitetsreduksjon for disse feltene. Dette gjøres inntil sannsynligheten for tilbakeblokkering og kapasitetsreduksjonen på oppstrøms kjørefelt er i likevekt med hverandre med en tilfredsstillende nøyaktighet.

2.2.3 Sentrale parametere i SIDRA INTERSECTION 6.1

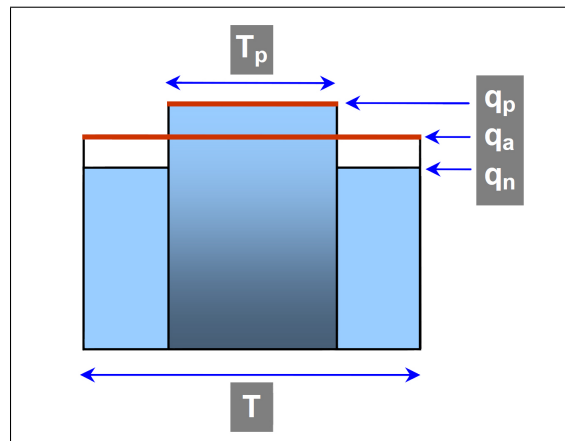
For å kunne oppnå en realistisk modellering av en gitt trafikksituasjon er det viktig med en god forståelse av modellens virkemåte, hvilke parametere som inngår i modellen og hvilken påvirkning disse parameterne har på modelleringsresultatene. I dette kapitlet vil det bli sett nærmere på sentrale parametere i SIDRA INTERSECTION 6.1. Det vil bli lagt særlig vekt på å omtale parametere som det kan være aktuelt å stille på ved kalibrering av en modell mot observerte forhold, samt andre parametere som anses relevante for denne oppgaven.

I dette kapitlet vil det bli gitt en omtale av følgende parametere i SIDRA INTERSECTION 6.1:

- Peak Flow Factor (PFF)
- Critical Gap & Follow-up Headway
- Basic Saturation Flow
- Area Type Factor
- Environment Factor
- Entry/Circulating Flow Adjustment
- Extra Bunching
- Minimum Departures
- Lane Utilisation Ratio
- Exit Flow Effect

2.2.3.1 Peak Flow Factor (PFF)

For å ta hensyn til trafikkvariasjoner i løpet av modelleringsperioden, bruker SIDRA INTERSECTION en faktor kalt «Peak Flow Factor» (PFF). Ved beregning av denne faktoren tas det utgangspunkt i at det i løpet perioden som skal modelleres (T) oppstår en rushperiode (T_p) hvor trafikkvolumene er høyere enn ellers. Dette er illustrert på figur 2.24 som også viser de andre parameterne som inngår ved beregningen av PFF . Disse parameterne er:



Figur 2.24: Prinsipp for beregning av PFF

q_p =gjennomsnittlig trafikkvolum i rushperioden

q_n =gjennomsnittlig trafikkvolum utenfor rushperioden

q_a =gjennomsnittlig trafikkvolum i hele modelleringsperioden

T_p = varighet av rushperioden

T =varighet av hele modelleringsperioden

«Peak Flow Factor» er gitt som forholdet mellom gjennomsnittlig trafikkvolum i hele modelleringsperioden (q_a) og gjennomsnittlig trafikkvolum (q_p) i rushperioden:

$$PFF = \frac{q_a}{q_p}$$

I SIDRA INTERSECTION gis brukeren mulighet til å spesifisere verdier for gjennomsnittlig trafikkmengde i hele modelleringsperioden (q_a) og «Peak Flow Factor» (PFF) for hver svingebevegelse gjennom et kryss. Det er også mulig å angi ulike PFF -verdier for ulike kjøretøygrupper. Dersom det er fotgjengertrafikk i krysset, kan brukeren også angi egne PFF -verdier for hver fotgjengerkrysning. Basert på de angitte verdiene for q_a og PFF beregner programmet gjennomsnittlig trafikkvolum i rushperioden (q_p) ved bruk av relasjonen:

$$q_p = \frac{q_a}{PFF}$$

Dersom brukeren ikke ønsker å inkludere en rushperiode i modelleringen kan PFF settes lik 100%. Da vil q_a brukes som trafikkvolum gjennom hele modelleringsperioden. I SIDRA INTERSECTION 6.1 er $PFF = 95\%$, $T = 60$ min og $T_p = 30$ min satt som standardverdier.

2.2.3.2 Critical Gap & Follow-up Headway

Kritisk tidsluke og følgetid («Critical Gap & Follow-up Headway») er sentrale parametere ved beregning av kapasitet i kryss i SIDRA INTERSECTION.

Kritisk tidsluke kan defineres som den minste tidsluken en gjennomsnittstrafikant vil kreve til kryssing av eller innsving på en forkjørsvveg, eller venstresving ut av en forkjørsvveg. Følgetiden kan defineres som kritisk tidsluke for bil 2, 3 osv. når flere kjøretøy benytter samme tidsluke i en forkjørsvberettiget trafikkstrøm (Vegdirektoratet 1985). Følgetiden har typisk en størrelsesorden som er ca. 60 % av kritisk tidsluke (Aakre 2014b).

Kritisk tidsluke og følgetid angis i vinduet «Gap Acceptance». Her har brukeren anledning til angi såkalte basisverdier for kritisk tidsluke og følgetid for hver svingebevegelse gjennom et kryss. Basisverdier vil i denne sammenheng si at verdiene for kritisk tidsluke og følgetid ikke skal angis med utgangspunkt den enkelte kryssituasjon som skal modelleres, men isteden med utgangspunkt i en bestemt basissituasjon. I SIDRA INTERSECTION er denne basissituasjonen definert slik:

- Firearmet vegkryss med stopplikt for sideveien
- Hovedvegen har fire felt og trafikk i begge retninger
- Sidevegen har ingen stigningsgrad
- Det er ikke mulighet for å foreta U-svinger

Dersom man modellerer kryss med andre konfigurasjoner enn basissituasjonen vil programmet utføre justeringer av kritisk tidsluke og følgetid for å tilpasse verdiene til de nye forholdene. Tabell 2.2 viser basisverdiene som brukes som standardverdier i SIDRA INTERSECTION. For å gi grunnlag for å vurdere hvor godt disse verdiene samsvarer med norske forhold viser tabellen også tilsvarende basisverdier fra Statens vegvesens Håndbok 127.

Tabell 2.2: Basisverdier for kritisk tidsluke og følgetid (Akcelik 2015, Vegdirektoratet 1985)

	SIDRA INTERSECTION		SVVs Håndbok 127	
	Kritisk tidsluke [s]	Følgetid [s]	Kritisk tidsluke [s]	Følgetid [s]
Venstresving inn på hovedveg	7,0	4,0	5,0	3,0
Høyresving inn på hovedveg	5,0	3,0	5,0	3,0
Kryssing av hovedveg	6,5	3,5	5,5	3,3
Venstresving fra hovedveg	4,5	2,5	5,5	3,3

Det fremgår at basisverdiene for kritisk tidsluke og følgetid i SIDRA INTERSECTION avviker noe fra basisverdiene i Statens vegvesens Håndbok 127. Programmet bruker høyere basisverdier enn håndboken ved kryssing av eller innsving på en forkjøringsveg, mens basisverdiene for venstresving ut av en forkjøringsveg er lavere i programmet enn i Håndbok 127. Ved modellering av norske forhold kan det således være aktuelt å justere på basisverdiene for kritisk tidsluke og følgetid slik at de passer bedre overens med verdiene fra håndboken.

Tabellene 2.3 og 2.4 viser hvilke justeringer programmet utfører på kritisk tidsluke og følgetid dersom man modellerer kryss med andre konfigurasjoner enn basissituasjonen. Som for basisverdiene har brukeren også mulighet til å endre på justeringsverdiene etter eget ønske.

Tabell 2.3: *Justeringer ved andre konfigurasjoner enn basissituasjonen (Akcelik 2015)*

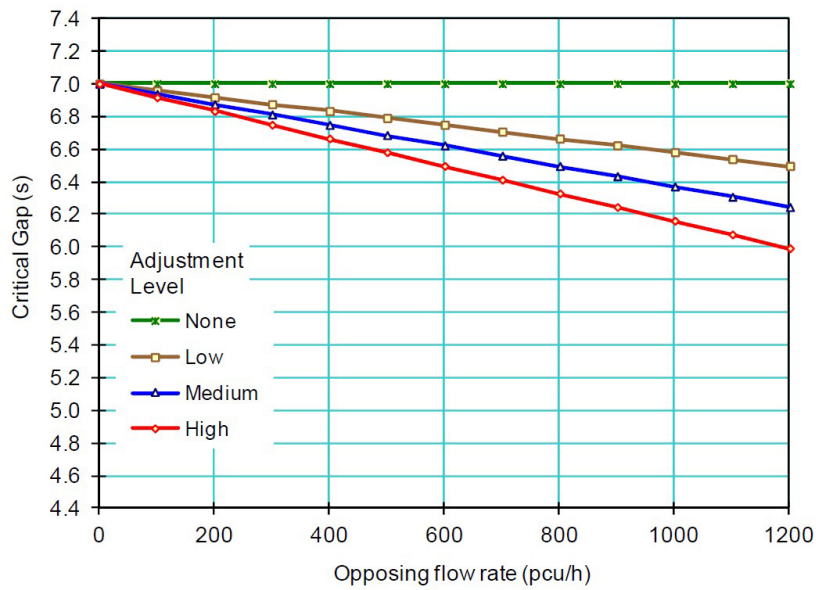
	Justering av kritisk tidsluke [s]	Justering av følgetid [s]
Vikepliktregulering	-0,5	-0,3
Enveiskjørt hovedveg	-0,5	-0,3
T-kryss	-0,7	-0,4
Stigning på sideveg (per %)	0,1	0,0
Mulighet for U-sving	1,5	0,9

Tabell 2.4: *Justeringer ved andre antall kjørefelt enn i basissituasjonen (Akcelik 2015)*

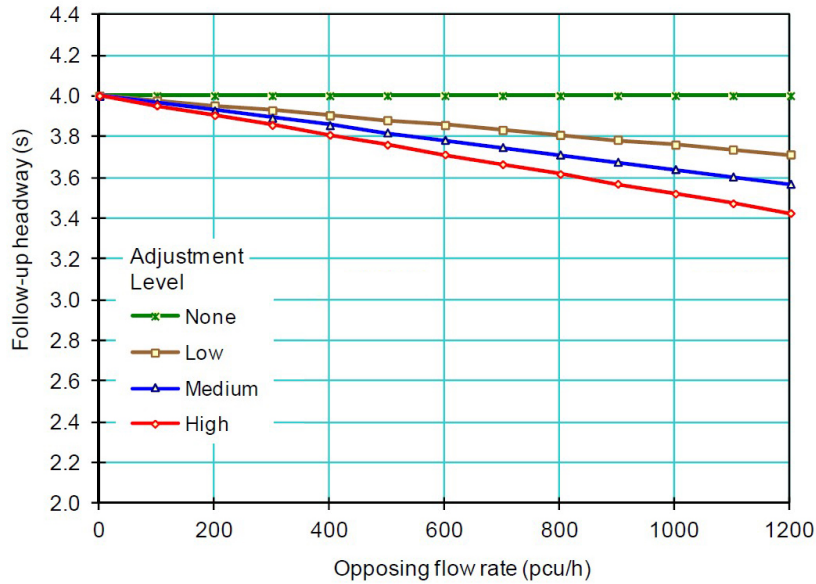
	Justering av kritisk tidsluke [s]				Justering av følgetid [s]			
	1-2-felt	3-felt	5-felt	6-felt	1-2-felt	3-felt	5-felt	6-felt
Venstresving inn på hovedveg	-0,5	-0,5	0,0	0,0	-0,5	-0,5	0,0	0,0
Høyresving inn på hovedveg	-1,5	-0,5	0,5	1,0	-0,5	-0,3	0,5	1,0
Kryssing av hovedveg	-1,5	-0,5	0,5	1,0	-0,5	-0,3	0,5	1,0
Venstresving fra hovedveg	-0,5	-0,5	0,0	1,0	-0,5	-0,5	0,0	1,0

SIDRA INTERSECTION gir også brukeren mulighet til å velge at programmet skal foreta en gradvis reduksjon av kritisk tidsluke og følgetid etter hvert som trafikkmengden i hovedstrømmen blir høyere, slik at trafikantene vil godta kortere tidsluker når tettheten i hovedstrømmen øker. Denne funksjonaliteten kan aktiveres gjennom menyvalget «Level of Reduction with Opposing Flow Rate», hvor brukeren velge mellom fire nivåer av reduksjon for kritisk tidsluke og følgetid ved økende trafikkmengde i hovedstrømmen:

«None», «Low», «Medium» og «High». Figurene 2.25 og 2.26 viser hvordan kritisk tidsluke og følgetid reduseres for hvert av de fire nivåene.



Figur 2.25: Virkning på kritisk tidsluke av ulike reduksjonsnivåer (Akcelik 2015)



Figur 2.26: Virkning på følgetid av ulike reduksjonsnivåer (Akcelik 2015)

2.2.3.3 Basic Saturation Flow

Metningsvolumet til et kjørefelt uttrykker det maksimale trafikkvolumet som kan avvikles ved flyt i trafikken. Dette er en sentral størrelse ved beregning av kapasitet for kjørefelt i signalregulerte kryss i SIDRA INTERSECTION.

I SIDRA INTERSECTION har brukeren mulighet for å spesifisere basisverdier for metningsvolum («Basic Saturation Flow») for hvert kjørefelt inn i krysset. Under modellering vil programmet foreta justeringer av basisverdiene basert på trafikksammensetning, kjørefeltbredde, stigningsgrad, svingradius, konflikterende fotgjengerstrømmer, parkering og busstrafikk (Akcelik 2015).

SIDRA INTERSECTION bruker enheten tcu («through car units») til angivelse av metningsvolumer. Dette er en trafikkvolumenhet som tar hensyn til effekten svingende kjøretøyer har på kapasiteten i et kryss. Kjøretøyer som gjennomfører krappe svingebevegelser eller som svinger over et kjørefelt med motgående trafikk vil ha langt større påvirkning på kapasiteten i et kryss enn et kjøretøy som kjører rett frem gjennom krysset. Ved bruk av tcu omregnes alle svingende kjøretøyer i et kryss til et ekvivalent antall personbiler som kjører rett frem i krysset. Den beregnede tcu-verdien for et svingende kjøretøy i et kryss forteller således hvor stor påvirkning kjøretøyet har på kapasiteten i et kryss sammenlignet med en personbil som kjører rett frem gjennom krysset (Lay 2009).

«Basic Saturation Flow» angis i vinduet «Lane Data». Dersom ikke brukeren spesifiserer noe annet, bruker SIDRA INTERSECTION en standard basisverdi for metningsvolum lik 1950 tcu/h for hvert kjørefelt i signalregulerte kryss.

2.2.3.4 Area Type Factor

«Area Type Factor» er en parameter som kan brukes for å kalibrere modeller av signalregulerte kryss i SIDRA INTERSECTION.

Parameteren blir multiplisert med de angitte metningsvolumene til alle kjørefelt i et signalregulert kryss og kan dermed brukes dersom man ønsker å foreta en generell justering av metningsvolumene, og dermed kapasiteten, til kjørefeltene i krysset. Eksempelvis vil en «Area Type Factor» lik 1,1 medføre at alle metningsvolumer i modellen økes med 10%, noe som vil føre til en oppjustering av kryssets kapasitet.

«Area Type Factor» angis i vinduet «Intersection» for signalregulerte kryss. Dersom ikke brukeren spesifiserer noe annet, bruker SIDRA INTERSECTION en «Area Type Factor lik» 1,0.

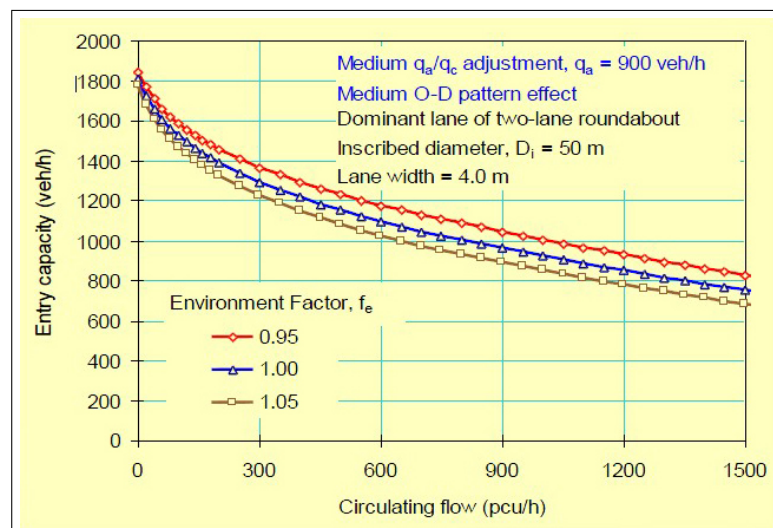
2.2.3.5 Environment Factor

«Environment Factor» er en parameter som kan brukes for å kalibrere modeller av rundkjøringer ved å justere kapasiteten på rundkjøringens tilfarter. Parameteren angis for hver tilfart og kan gis verdier mellom 0,50 og 2,00. Desto høyere verdi parameteren gis, desto lavere blir kapasiteten på den aktuelle tilfarten.

Parameteren fungerer ved at den justerer følgetiden for kjøretøyene i det dominerende kjørefeltet på tilfarten som reguleres. Det dominerende kjørefeltet vil si kjørefeltet på tilfarten som har det største kjøretøyvolumet. Dette vil videre føre til en endring av følgetiden for kjøretøyene i de ikke-dominerende kjørefeltene og en endring av kritisk tidsluke for alle kjørefeltene (Akcelik 2015).

«Environment Factor» kan brukes for å ta hensyn til generelle forhold i og omkring rundkjøringen, som utforming, sikt, stigningsgrad, hastighet, andel lette og tunge kjøretøy, trafikantenes aggressivitet og årvåkenhet, fotgjengere, aktivitet av tunge kjøretøy (eksempelvis busser eller trikker som må stoppe) og så videre. Ved modellering av norske trafikkforhold er det tidligere funnet at en «Environment Factor» lik 1,10 kan være passende for å oppnå realistiske resultater. (Myre 2010)

«Environment Factor» angis i vinduet «Roundabouts». Dersom ikke brukeren spesifiserer noe annet, bruker SIDRA INTERSECTION en «Environment Factor» lik 1,00. Figur 2.27 viser hvordan ulike verdier av «Environment Factor» påvirker kapasiteten til en tilfart i en rundkjøring.



Figur 2.27: Virkning av «Environment Factor» på kapasiteten til en tilfart i en rundkjøring (Akcelik 2015)

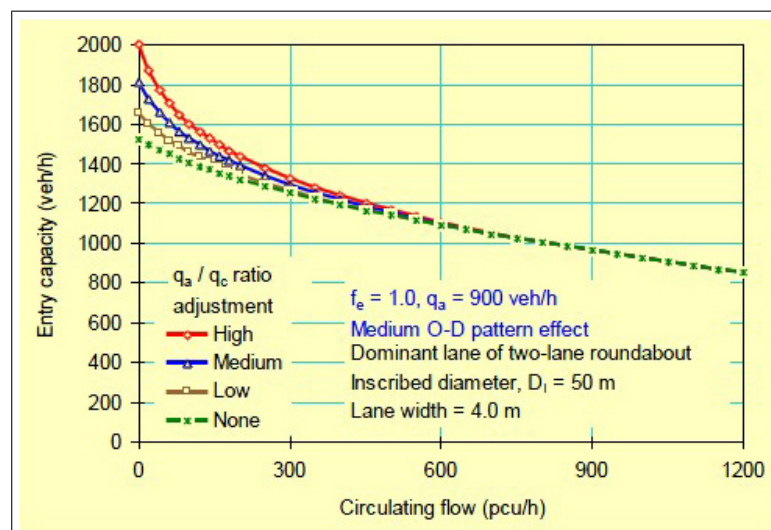
2.2.3.6 Entry/Circulating Flow Adjustment

For å unngå underestimering av kapasiteten til en tilfart i en rundkjøring ved lite sirkulerende trafikk kan SIDRA INTERSECTION redusere følgetiden for kjøretøyene i det dominerende kjørefeltet når det er lave sirkulerende trafikkvolumer i rundkjøringen, og dermed øke tilfartens kapasitet. Brukeren kan bestemme omfanget av denne justeringen ved bruk av parameteren «Entry/Circulating Flow Adjustment». Brukeren kan velge mellom fire justeringsnivåer: «High», «Medium», «Low» og «None».

«Entry/Circulating Flow Adjustment» angis i vinduet «Roundabouts». Dersom ikke brukeren spesifiserer noe annet, bruker SIDRA INTERSECTION justeringsnivået «Medium».

Kapasitetsjusteringen som utføres vil variere med forholdet mellom ankommende og sirkulerende trafikk i rundkjøringen (q_a/q_c). Når dette forholdet reduseres vil også graden av kapasitetsjustering reduseres. Dersom trafikkmengden på en tilfart er lavere enn den sirkulerende trafikkmengden i rundkjøringen ($q_a/q_c < 1,0$) vil det ikke bli gjort noen kapasitetsjusteringer for tilfarten.

Figur 2.28 viser hvordan kapasiteten på en tilfart varierer som funksjon av den sirkulerende trafikkmengden i rundkjøringen for ulike verdier av «Entry/Circulating Flow Adjustment». Det fremgår at det for sirkulerende trafikkvolumer større enn ca 600 pcu/h ikke vil bli foretatt noen justeringer av kapasiteten.



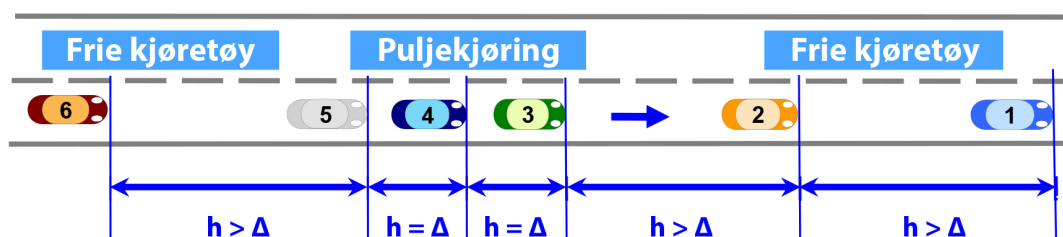
Figur 2.28: Virkning av «Entry/Circulating Flow Adjustment» på kapasiteten til en tilfart i en rundkjøring (Akcelik 2015)

2.2.3.7 Extra Bunching

Dersom et signalregulert kryss er plassert like oppstrøms for en rundkjøring, vil kjøretøy ofte ankomme rundkjøringen puljevis. Parameteren «Extra Bunching» kan da brukes for å justere hvor stor andel av kjøretøyene i trafikkstrømmen som inngår i en pulje.

Programmet kan beregne denne parameteren automatisk ved bruk av nettverksanalyse, men brukeren gis også mulighet for å angi parameteren manuelt. Dette gjøres i vinduet «Intersection» for rundkjøringer. Parameteren angis da som en prosentverdi, hvor høye verdier gir en høy grad av puljekjøring.

Ved puljekjøring vil det være kortere tidsluker mellom kjøretøyene enn ved normal kjøring. Dette er illustrert på figur 2.29. En økende grad av puljekjøring gjennom en krysstillfart vil således føre til en økning i tilfartens kapasitet (Akcelik 2007).



Figur 2.29: Tidsluker ved puljekjøring (basert på figur fra Akcelik 2015)

Tabell 2.5 gir en grov indikasjon på hvilke verdier som kan være fornuftige å bruke for «Extra Bunching» avhengig av avstanden mellom rundkjøringen og oppstrøms signalanlegg.

Tabell 2.5: Anbefalte verdier for «Extra Bunching» (Akcelik 2015)

Avstand til signalanlegg [m]	< 100	100-200	200-400	400-600	600-800	> 800
Extra Bunching [%]	25	20	15	10	5	0

2.2.3.8 Minimum Departures

Parameteren «Minimum Departures» kan brukes for å spesifisere et minste antall kjøretøy som avvikles på en tilfart i et kryss i løpet av en gitt tidsperiode.

«Minimum Departures» angis i vinduet «Gap Acceptance». Dersom ikke brukeren spesifiserer noe annet, bruker SIDRA INTERSECTION standardverdier for «Minimum Departures» lik 0,1 og 2,5 kjt/min for henholdsvis vikepliktregulerte kryss og rundkjøringer. Dette betyr at uansett hvor store tilbakeblokkeringer som oppstår i krysset, så vil det minst avvikles henholdsvis 0,1 eller 2,5 kjøretøyer hvert minutt.

Det kan diskuteres hvor realistiske disse standardverdiene er sammenlignet med en reell trafikksituasjon. En verdi for «Minimum Departures» lik 0,1 kjt/min for en krysstilfart vil medføre at det kun blir avviklet ett kjøretøy i løpet av 10 minutter ved høye konflikterende trafikkvolumer. Dette anses for de fleste tilfeller å være et urealistisk lavt tall. For å unngå urealistiske resultater bør derfor brukeren foreta en selvstendig vurdering av hva som vil være en realistiske verdier for denne parameteren.

2.2.3.9 Lane Utilisation Ratio

Ved beregning av kapasitets- og avviklingsforhold i krysksområder er utnyttelsesgraden («Lane Utilisation Ratio») til de ulike kjørefeltene en viktig faktor. Dersom to eller flere kjørefelt kan brukes til å gjennomføre den samme svingebevegelsen gjennom et kryss, kan ulik grad av utnyttelse for kjørefeltene føre til at det tar lengre tid å avvikle den innkommende trafikkstrømmen. Noen grunner til at det kan oppstå ulik utnyttelse av kjørefelt er:

- Mange tunge kjøretøy, busser eller trikker stopper ved holdeplasser
- Det er færre kjørefelt nedstrøms i et kryss sammenlignet med i tilfarten
- Det står parkerte kjøretøy i kjørefelt nedstrøms for et kryss
- Det er korte kjørefelt i en krysstilfart

Programmet kan beregne utnyttelsesgraden automatisk, men brukeren gis også mulighet til å angi utnyttelsesgrad manuelt for hvert enkelt kjørefelt. «Lane Utilisation Ratio» angis i vinduet «Lane Data».

2.2.3.10 Exit Flow Effect

Kjøretøy som forlater et kryss kan påvirke atferden til andre kjøretøy som venter på å kunne kjøre inn i krysset på samme tilfart. Dette gjelder for eksempel dersom det oppstår usikkerhet knyttet til om et gitt kjøretøy faktisk skal ut av krysset, noe som kan skje dersom kjøretøyet plasserer seg utydelig og ikke blinker. Dette kan bidra til en viss kapasitetsreduksjon på tilfarten.

Denne effekten kan tas hensyn til i SIDRA INTERSECTION ved bruk av parameteren «Exit Flow Effect». Man angir da en prosentandel av trafikken på utfarten som vil bli lagt til i trafikkmengden foran den korresponderende tilfarten under modelleringen. I vinduet «Exit Flow Effect» angis i vinduet «Gap Acceptance».

2.3 Beskrivelse av AIMSUN 8.1

AIMSUN 8.1 er et trafikkmodelleringsprogram som kan brukes for å utføre trafikkanalyser gjennom simuleringer av trafikksystemer. Programvarepakken består av tre ulike simulatorer – en mikrosimulator, en mesosimulator og en hybridsimulator – og kan utføre et bredt spekter av analyser både på mikro-, meso- og makronivå (TSS 2014b). I denne oppgaven vil det kun bli gjort bruk av programmets mikrosimulator.

AIMSUN er utviklet i Spania av organisasjonen Transport Simulation Systems (TSS). Modellen ble introdusert for første gang i 1989 under navnet GETRAM. Programmet har siden gjennomgått en stadig utvikling og skiftet navn til AIMSUN. AIMSUN er et akronym som står for Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and Non-Urban Networks.

AIMSUN kan modellere alle typer veger og trafikkmiljøer, fra enkle gatenett til komplekse motorvegsystemer. I utgangspunktet gjøres analysene med hensyn på motorisert trafikk og dennes atferd i trafikken. Programmet har imidlertid også mulighet for å modellere fotgjengere ved bruk av en tilleggspakke til programmet (TSS 2014b). Denne tilleggspakken vil ikke bli tatt i bruk i denne oppgaven.

I det følgende vil det bli gitt en presentasjon av oppbygningen og virkemåten til mikrosimuleringsmodellen i AIMSUN 8.1. Gjennomgangen vil være noe mindre inngående enn den var for SIDRA INTERSECTION, ettersom formålet med denne oppgaven primært er å beskrive og teste ut sistnevntes nettverksmodell.

2.3.1 Bruk av AIMSUN 8.1

I dette kapittelet vil det bli gitt en gjennomgang av hvordan AIMSUN 8.1 kan brukes for å etablere nettverksmodeller og utføre mikroanalyser.

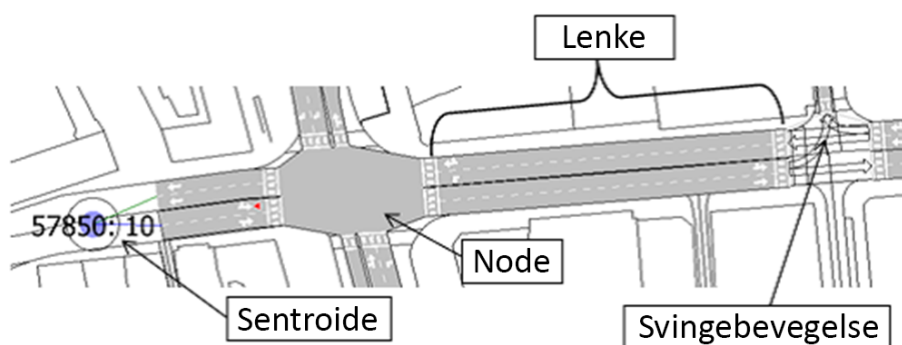
For å kunne utføre mikroanalyser i AIMSUN må man først etablere en detaljert modell av trafikksystemet man ønsker å modellere. For å bygge en god trafikkmodell i AIMSUN kreves en rekke inngangsdata. De viktigste av disse er:

- Vegnettverk
- Etterspørselsdata
- Trafikkregulering
- Kollektivtransport

I det følgende gis en kort omtale av hver av disse inngangsdataene

2.3.1.1 Vegnettverk

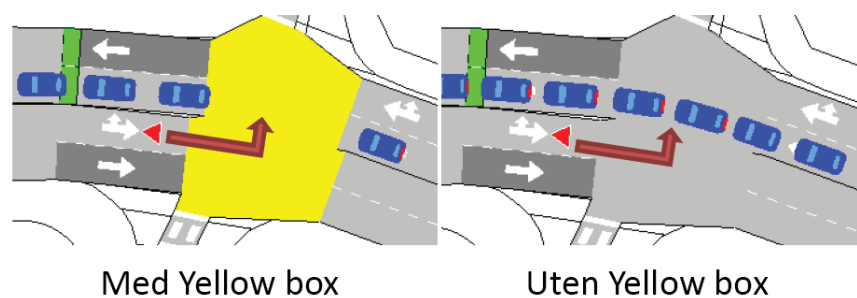
Før man kan utføre trafikksimuleringer i AIMSUN må man definere vegnettverket som skal modelleres. Dette kan gjøres ved enten å importere nettverket fra andre dataprogrammer eller ved å tegne nettverket fra bunnen av. Et nettverk beskrives i AIMSUN ved bruk av lenker, sentroider og noder med tilhørende svingebevegelser. Disse elementene er vist på figur 2.30



Figur 2.30: Elementer som inngår i et vegnettverk i AIMSUN (Alstad 2012)

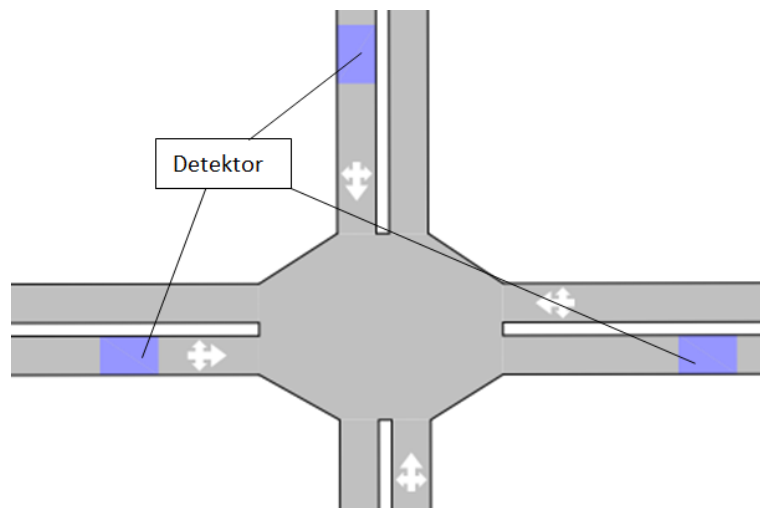
En sentroide er et punkt i modellen som kan generere trafikk inn i modellnettverket og attrahere trafikk ut av systemet. En lenke er en representasjon av en veg, med tilhørende kjøreretning. En node er et sted hvor flere lenker møtes og kjøretøyene blir stilt overfor et valg vedrørende hvilken retning de skal kjøre. Noder brukes for å representere kryss og av-/påkjøringsramper. En node er bygget opp av svingebevegelser, som viser kjøretøyenes mulige retningsvalg og hvilket felt et kjøretøy må ligge i for å gjennomføre en gitt svingebevegelse.

Ved konfigurering av node må brukeren vurdere hvorvidt noden skal være av typen «Yellow box». Dersom «Yellow box»-funksjonaliteten brukes for et kryss, vil dette medføre at kjøretøyer i modellen ikke tillates å kjøre inn i krysset dersom det allerede er okkupert av andre kjøretøyer. Dette vil forhindre at et kryss blir blokkert dersom det står en saktegående kø inntil krysset på en veglenke nedstrøms, som illustrert på figur 2.31.



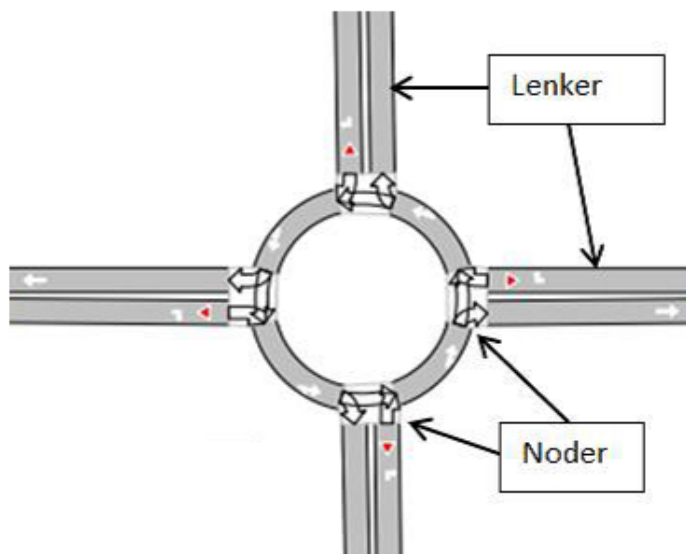
Figur 2.31: Eksempel på kryss i AIMSUN med og uten bruk av «Yellow box» (Alstad 2012)

Et annet element som ofte inkluderes i vegnettverket er såkalte detektorer. En detektor kan plasseres på et vilkårlig sted langs en lenke og kan brukes for å måle for eksempel trafikkvolum, hastighet, opptattid og tetthet langs lenken i løpet av simuleringen. Detektorer kan skille mellom ulike kjøretøygrupper og kan også brukes aktivt i simuleringen, for eksempel til å simulere kjøretøyaktiverte lyskryss. Figur 2.32 viser eksempler på detektorer i AIMSUN.



Figur 2.32: Detektorer i AIMSUN (Alstad 2012)

Rundkjøringer modelleres i AIMSUN som en sammenkobling av flere enkeltstående noder og lenker. Figur 2.33 viser et eksempel på en 4-armet rundkjøring i AIMSUN. Hver av tilfartene i rundkjøringen blir her behandlet på samme måte som enkeltstående T-kryss.

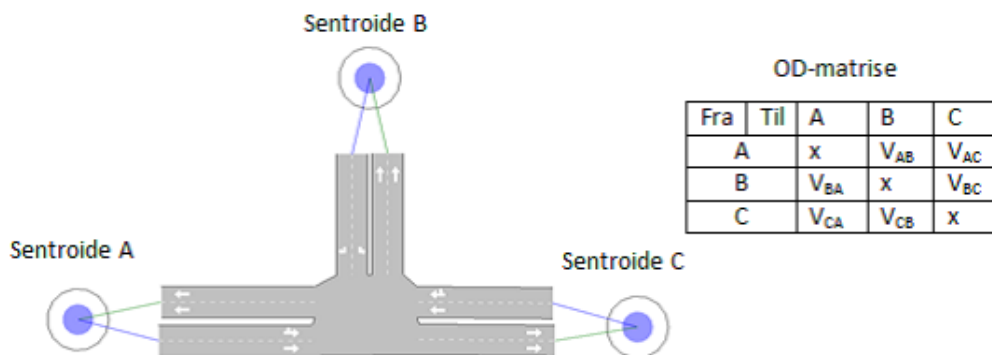


Figur 2.33: Rundkjøring i AIMSUN (Alstad 2012)

2.3.1.2 Etterspørselsdata

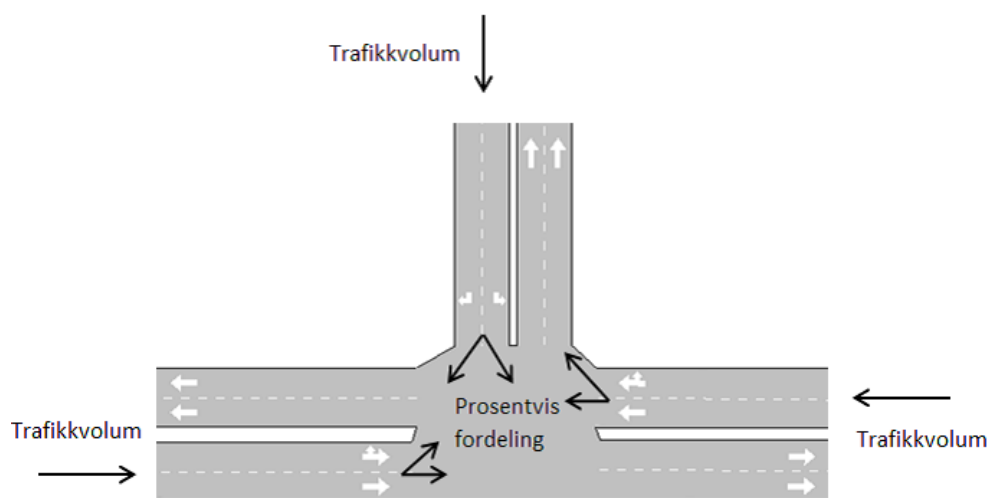
For å kunne gjennomføre simuleringer av et trafikksystem behøves også informasjon om hvor store trafikkvolumer som etterspør å bruke systemet. I AIMSUN kan man legge inn etterspørselsdata på to forskjellige måter.

Den ene måten er å definere en OD-matrise. Dette er en matrise som inneholder alle turer til og fra de ulike sentroidene i modellen, og som dermed gir start- og slutt punkt for alle turene som blir kjørt i løpet av en simulering. Et eksempel på en OD-matrise er vist i figur 2.34.



Figur 2.34: Etterspørsel i form av en OD-matrise (Alstad 2012)

Den andre måten består i å spesifisere inngående trafikkvolumer for alle lenkene i ytterkantene av nettverket, samt svingeandeler for alle nodene innad i nettverket. Ved bruk av denne metoden blir ikke ruten til et gitt kjøretøy bestemt på forhånd, men blir i stedet til i løpet av simuleringen. Prinsippet for dette er vist på figur 2.35.



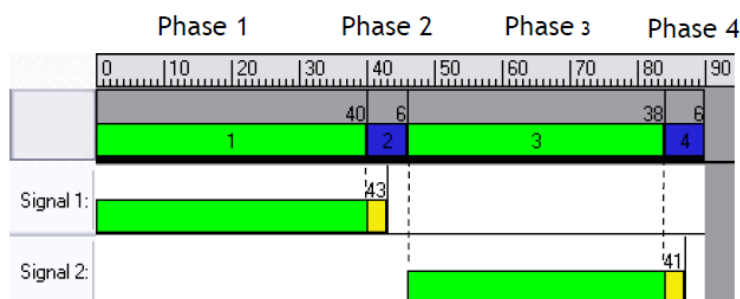
Figur 2.35: Etterspørsel i form av trafikkvolum og svingeandeler (Alstad 2012)

AIMSUN gir også brukeren mulighet til å kjøre grupper av OD-matriser eller grupper av trafikkvolumer og svingeandeler samtidig. Dette gjør at man kan modellere variasjoner i etterspørsel i løpet av modelleringsperioden ved å utarbeide egne etterspørselsdata for ulike deler av perioden. Dette gjør det også mulig å skille mellom ulike typer kjøretøyer i trafikkstrømmene ved at man kan definere egne OD-matriser eller trafikkvolumer/svingeandeler for ulike typer kjøretøyer som AIMSUN kan kjøre samtidig under simuleringen. På denne måten kan man detaljere trafikkstrømmene i modellen slik at de korresponderer best mulig med den virkelige situasjonen.

2.3.1.3 Trafikkregulering

Trafikkregulering betegner tiltak i et vegsystem som brukes for å regulere trafikkavviklingen. Dette omfatter signalregulering eller vikepliktbestemmelser i kryss og tilfartskontroll på ramper. Slik tiltak må defineres og spesifiseres i AIMSUN for at den simulerte trafikkavviklingen skal følge et realistisk mønster.

Ved signalregulering av kryss må det spesifiseres hvor signalene er plassert, hvilke signalgrupper som skal brukes og faseplaner for signalanlegget. Signalgrupper og faseplaner spesifiseres manuelt i AIMSUN basert på kunnskap om hvilke bevegelser som kjøres samtidig for et gitt grønnsignal, samt varighet og rekkefølge for de ulike fasene.



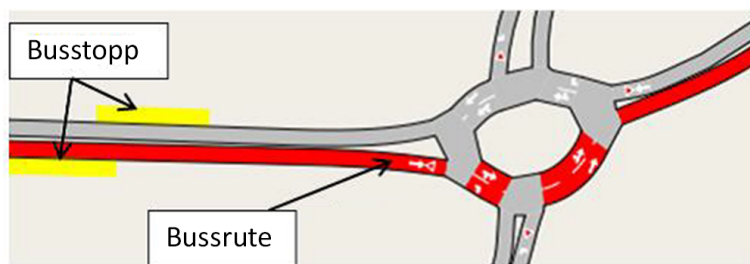
Figur 2.36: Eksempel på faseplan fra AIMSUN (TSS 2014a)

For kryss som ikke er signalregulerte må det defineres hvilke vikepliktbestemmelser som skal gjelde. Dette gjøres ved å spesifisere hvilke av de ulike svingebevegelsene i et kryss som skal vike for andre svingebevegelser. I utgangspunktet har ikke AIMSUN lagt inn vikepliktbestemmelser i kryssene, slik at første kjøretøy som kommer inn i krysset får forkjørsrett. Dersom et kryss skal ha vikeplikt i henhold til høyreregelen, slik det vanligvis er i Norge, må dette legges inn spesifikt for hvert kryss i AIMSUN. Ved definisjon av vikeplikt kan brukeren også spesifisere plassering av eventuelle vikeplikt- og/eller stoppskilt.

Ved tilfartskontroll må brukeren spesifisere plassering og type kontroll, samt parametere for kontroll av tilfarten (f.eks. grønttid, trafikkvolum eller forsinkelse).

2.3.1.4 Kollektivtransport

Dersom nettverket som skal modelleres omfatter bussruter, kan også disse modelleres i AIMSUN. Da må brukeren definere hver enkelt linje ved å angi kjørerute og hvilke busstopp som skal brukes. Videre må brukeren legge inn rutetider med avgangstider og frekvens.

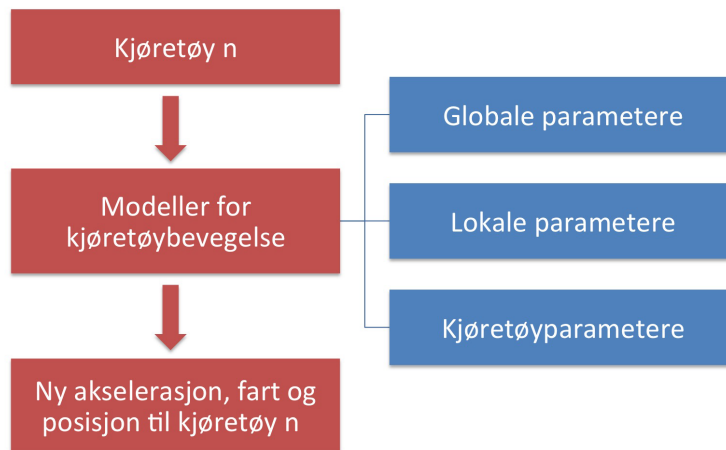


Figur 2.37: Eksempel på kollektivrute og busstopp i AIMSUN(Alstad 2012)

2.3.2 Om simulering i AIMSUN 8.1

2.3.2.1 Prinsipiell virkemåte for simuleringsmodellen i AIMSUN

Simulering i AIMSUN foregår ved at kjøretøy mates inn på nettverket fra sentroidene. Kjøretøyenes oppførsel i nettverket (fart, akselerasjon og posisjon) bestemmes av en rekke bevegelsesmodeller som er implementert i AIMSUN. Bevegelsesmodellene består av matematiske formler som bestemmer hvordan ethvert kjøretøy i modellen beveger seg til enhver tid. Brukeren kan påvirke kjøretøyenes oppførsel ved å endre på parametere som brukes i disse formlene. Virkemåten til bevegelsesmodellene er illustrert på figur 2.38.



Figur 2.38: Virkemåte for bevegelsesmodeller i AIMSUN 8.1

Hver gang en bevegelsesmodell kjøres tar den utgangspunkt i kjøretøyets nåværende tilstand (fart, akselerasjon og posisjon) i nettverket, samt en rekke ulike inngangsparametere. På grunnlag av dette bestemmes en ny fart, akselerasjon og posisjon for kjøretøyet.

Simuleringsprosessen i AIMSUN er inndelt i tidsintervaller, kalt «Simulation step» (Δt). «Simulation step» forteller hvor lang tid som går mellom hver gang bevegelsesmodellene oppdateres med nye parameterverdier. Brukeren kan selv bestemme hvor store tidsintervaller simuleringen skal kjøres med, og valg av verdi for «Simulation step» vil ha stor påvirkning på simuleringsresultatet. Desto lavere Δt er, desto oftere og raskere reagerer sjåførene under simuleringen. Dette gjør at de kan ligge nærmere kjøretøyet foran, de aksepterer kortere tidsluker og akselererer tidligere enn de hadde gjort dersom Δt var høyere. Dermed vil en lavere Δt gi en høyere kapasitet på vegnettet.

Som det fremgår av figur 2.38 er det tre typer parametere som inngår direkte i bevegelsesmodellene. Dette er kjøretøyparametere, lokale lenkeparametere og globale nettverksparametere.

Kjøretøyparametere påvirker egenskapene til hvert enkelt kjøretøy i modellen. Eksempler på kjøretøyparametere er lengde, bredde, foretrukket maksimalhastighet, akselerasjonsevne og bremseevne. Kjøretøyparametere spesifiseres separat for hver kjøretøygruppe, slik at for eksempel personbiler og busser har hvert sitt sett med parametere.

Kjøretøyparametere oppgis med gjennomsnittsverdi, avvik, minste verdi og største verdi. Basert på dette blir parameterverdiene for ulike kjøretøy i modellen bestemt ved bruk av en normalfordeling. Dette sørger at kjøretøyene i simuleringen til en viss grad får forskjellige egenskaper. Dette kan gjøre at simuleringen blir mer realistisk, men kan også føre til enkelte ulogiske sammensetninger, for eksempel ved at en lang bil får urimelig gode akselerasjonsegenskaper.

	Mean	Deviation	Min	Max
Length	4 m	0,50 m	3,50 m	4,50 m
Width	2 m	0 m	2 m	2 m
Max Desired Speed	110 km/h	10 km/h	80 km/h	150 km/h
Max Acceleration	3 m/s ²	0,20 m/s ²	2,60 m/s ²	3,40 m/s ²
Normal Deceleration	4 m/s ²	0,25 m/s ²	3,50 m/s ²	4,50 m/s ²
Max Deceleration	6 m/s ²	0,50 m/s ²	5 m/s ²	7 m/s ²
Speed Acceptance	1,10	0,10	0,90	1,30
Min Distance Veh	1 m	0,30 m	0,50 m	1,50 m
Give Way Time	10 Secs	2,50 Secs	5 Secs	15 Secs
Guidance Acceptance	100 %	0 %	100 %	100 %
Sensitivity Factor	1	0	1	1
Minimum Headway	0 Secs	0 Secs	0 Secs	0 Secs

Figur 2.39: Eksempel på kjøretøyparametere i AIMSUN 8.1

Lokale lenkeparametere tilordnes hver enkelt lenke i nettverket. Dette er dermed parametere som kun påvirker kjøretøyene som befinner seg på lenken. Eksempler på lokale lenkeparametere er fartsgrense og stigningsgrad på lenken.

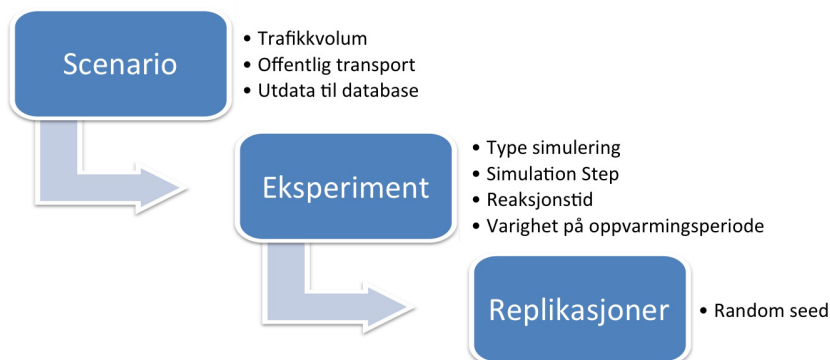
Globale nettverksparametere er parametere som påvirker oppførselen til alle kjøretøyene i modellen. En viktig global nettverksparameter er «Simulation step» (Δt) som er omtalt tidligere i dette kapittelet.

2.3.2.2 Gjennomføring av en simulering i AIMSUN

Fremgangsmåten for å gjennomføre en simulering i AIMSUN består i at brukeren først oppretter et scenario, deretter et eksperiment og til slutt replikasjoner. I scenarioet angis hvilke etterspørselsdata som skal brukes, faseplaner for signalanlegg, traséer og rutetider for kollektivtransport, samt hvilke modelleringsresultater som skal lagres av programmet.

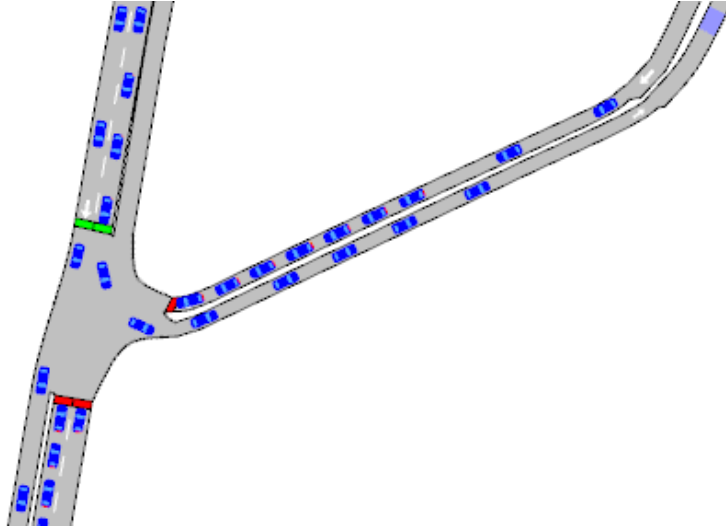
Etter at scenarioet er ferdig definert opprettes det et eksperiment. Her angis hvilken type simulering som skal gjennomføres, samt hvilke verdier for globale parametere som «Simulation step» og reaksjonstid som skal brukes under simuleringen. En annen viktig parameter som må angis er varigheten av den såkalte oppvarmingsperioden. Oppvarmingsperioden betegner en periode før simuleringen er satt til å starte, hvor AIMSUN genererer trafikk inn i modellen slik at det allerede vil være trafikk i nettverket ved simuleringsstart. Dersom det ikke benyttes en oppvarmingsperiode vil de første kjøretøyene i simuleringen ikke møte på noen andre kjøretøyer, noe som vanligvis vil være en urealistisk situasjon.

Etter at eksperimentet er ferdig definert opprettes det replikasjoner. Mens scenarioet og eksperimentet beskriver omgivelser og betingelser for simuleringene, beskriver replikasjonene egenskaper for den enkelte simulering som skal utføres. Hver replikasjon inneholder et tilfeldig generert nummer kalt «Random seed». Dette nummeret brukes av AIMSUN for å avgjøre hvordan trafikken skal mates inn på nettverket og hvilken kombinasjon av parameterverdier som skal brukes under simuleringen. Da hver replikasjon har ulike verdier for «Random seed» vil modelleringsresultatene bli ulike for hver replikasjon som simuleres. For å få et akseptabelt konfidensintervall for modelleringsresultatene bør det derfor vanligvis utføres simuleringer for flere replikasjoner. Figur 2.40 illustrerer sammenhengen mellom scenario, eksperiment og replikasjoner i AIMSUN:



Figur 2.40: Sammenheng mellom scenario, eksperiment og replikasjoner i AIMSUN

Ved kjøring av en simulering AIMSUN har brukeren mulighet til å se en animert visuell fremstilling av den simulerte trafikkavviklingen. Dette er et nyttig verktøy som kan brukes for å vurdere den modellerte trafikkavviklingen på en visuell basis. Figur 2.41 viser et utklipp fra en animert visuell fremstilling av simulert trafikkavvikling i AIMSUN.



Figur 2.41: Utsnitt fra animert fremstilling av simulert trafikkavvikling i AIMSUN

2.3.2.3 Modelleringsresultater

AIMSUN kan produsere en rekke modelleringsresultater basert på utførte simuleringer. Før kjøring av en simulering kan brukeren selv velge hvilke typer resultater programmet skal produsere. Resultater fra simuleringer i AIMSUN lagres i en database.

Tabell 2.6 oppsummerer noen av de viktigste resultatene som AIMSUN kan beregne for ulike deler av et vegnettverk.

Tabell 2.6: *Modelleringsresultater for ulike nettverkskomponenter i AIMSUN*

Nettverkskomponent	Modelleringsresultater
Hele systemet	Volum; Tetthet; Fart; Reisetid; Forsinkelse; Reisekilometer; Antall kjøretøy
Lenker	Volum; Tetthet; Fart; Reisetid; Forsinkelse; Reisekilometer; Antall stopp; Kølengde
Kjørefelt	Tetthet; Kølengde
Detektorer	Tetthet; Fart; Opptattid; Tidsluker
Svingebevegelser	Volum; Reisetid; Forsinkelse; Fart; Kølengde
Egne ruter	Volum; Fart; Reisetid
Noder	Level Of Service

2.3.3 Delmodeller i AIMSUN 8.1

I dette delkapitlet vil det bli gitt en gjennomgang av de viktigste delmodellene i AIMSUN. Det vil bli lagt særlig vekt på å beskrive delmodellene som vil bli brukt senere i denne oppgaven. De øvrige delmodellene vil kun bli kort omtalt. Hensikten med å omtale delmodellene i detalj er å forstå deres virkemåte, og hvordan ulike parametere påvirker modelleringsresultatene. Dette vil være nyttig kunnskap ved modellkalibrering senere i denne oppgaven.

2.3.3.1 Bilfølgemodell

Hastighetene til kjøretøyene i et nettverk beregnes i AIMSUN ved bruk av en bilfølgemodell som er basert på Gipps' «Car-following model» (Akcelik 2015). Bilfølgemodellen i AIMSUN består av to komponenter – akselerasjon og retardasjon. Akselerasjonskomponenten påvirkes av et kjøretøys ønske om å oppnå en viss hastighet, mens retardasjonskomponenten påvirkes av atferden til et forankjørende kjøretøy.

Ved hver kjøring av bilfølgemodellen vil AIMSUN beregne to hastigheter - én hastighet basert på akselerasjonskomponenten (V_a) og én basert på retardasjonskomponenten (V_b). Farten til et kjøretøy i løpet av et gitt tidssteg Δt blir så satt til den minste av disse to hastighetene. Med andre ord:

$$V(t, t + \Delta t) = \min[V_a, V_b]$$

I det følgende gis en gjennomgang av hvordan hastighetene V_a og V_b blir beregnet av bilfølgemodellen i AIMSUN

Beregning av V_a ved bruk av akselerasjonskomponenten

Den maksimale hastigheten et kjøretøy n kan akselerere til basert på akselerasjonskomponenten beregnes med utgangspunkt i at kjøretøyet har et ønske om å oppnå en bestemt hastighet $V^*(n)$. Denne hastigheten beregnes med utgangspunkt i at det ikke er noen andre kjøretøy å ta hensyn til i nærheten. Kjøretøyet vil da forsøke å oppnå en passende fart basert på tre parametere:

- Oppgitt fartsgrensen på strekningen (S_{limit}),
- Førers villighet til å akseptere fartsgrensen (θ)
- Førers ønskede maksimalfart (V_{max})

Hver fører vil ha sin egen holdning til den oppgitte fartsgrensen. Noen førere vil velge å kjøre litt under fartsgrensen, mens andre vil velge å kjøre over. Fartsgrensen som et gitt kjøretøy faktisk vil kjøre etter vil således være ulik fra fører til fører. Fartsgrensen til et kjøretøy n på en strekning s kan defineres slik:

$$S_{limit}(n, s) = S_{limit} \times \theta(n)$$

For $\theta(n) < 1$ vil føreren vurdere den oppgitte fartsgrensen til å være for høy. Dermed vil han søke å kjøre i en hastighet som ligger under denne. Tilsvarende medfører $\theta(n) > 1$ at den oppgitte fartsgrensen oppfattes å være for lav, og føreren vil da søke å kjøre i en hastighet som ligger over denne.

Førerens ønskede fart kan defineres slik:

$$V^*(n) = \min[S_{limit}(n, s), V_{max}]$$

Med andre ord vil føreren søke å oppnå sin fartsgrense, såfremt denne ikke er høyere enn hans ønskede maksimalfart. Dersom den er det, vil føreren isteden søke å oppnå sin ønskede maksimalfart.

Med dette som utgangspunkt beregnes den maksimale hastigheten et kjøretøy n kan akselerere til basert på akselerasjonskomponenten med følgende uttrykk:

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

Her er:

$V(n, t)$ = farten til kjøretøy n ved tiden t

$V^*(n)$ = ønsket fart for kjøretøyet på gjeldende lenke

$a(n)$ = maksimal akselerasjon for kjøretøy n (kjøretøyparameter)

T = reaksjonstid for fører (global parameter).

Beregning av V_b ved bruk av retardasjonskomponenten

Dersom et kjøretøy n ligger bak et annet kjøretøy $n-1$, vil programmet ta høyde for de begrensningene dette setter for farten kjøretøyet kan oppnå ved bruk av retardasjonskomponenten i bilfølgemodellen. Den maksimale hastigheten et kjøretøy n kan akselerere til basert på retardasjonskomponenten er gitt ved ligningen:

$$V_b(n, t + T) = d(n) \times T +$$

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

Her er:

$d(n)$ = kjøretøy n sin evne til å retardere

$V(n, t)$ = farten til kjøretøy n ved tiden t

$x(n, t)$ = posisjonen til kjøretøy n ved tiden t

$V(n - 1, t)$ = farten til kjøretøy n-1 ved tiden t

$x(n - 1, t)$ = posisjonen til kjøretøy n-1 ved tiden t

$s(n - 1)$ = lengden av kjøretøy n-1

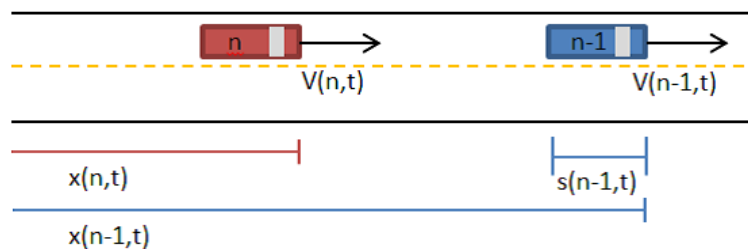
$d'(n - 1)$ = et estimat på retardasjonsevnen til kjøretøy n-1

Estimatet på retardasjonsevnen til kjøretøy n-1, er gitt ved uttrykket:

$$d'(n - 1) = d(n - 1) \times \alpha$$

Her er $d(n - 1)$ den faktiske retardasjonen til kjøretøy n-1, mens α er en parameter kalt sensitivitetsparameteren. For $\alpha < 1$ vil følgekjøretøyet undervurdere retardasjonen til kjøretøyet foran. Dette fører til at følgekjøretøyet vil komme nærmere det ledende kjøretøyet, og dermed oppføre seg aggressivt. $\alpha > 1$ vil gi motsatt effekt og føre til en roligere følgesjåfør.

Figur 2.42 gir en grafisk illustrasjon av noen av komponentene som inngår i beregningene:



Figur 2.42: Komponenter som inngår i bilfølgemodellen (Alstad 2012)

2.3.3.2 Bilfølgemodell for flerfeltsveger

For veger med to eller flere kjørefelt, vil kjøretøyene passere tett inntil hverandre og påvirke hverandres fartsnivå. AIMSUN har også en egen modell for å få med effekten saktegående kjøretøy har på andre kjøretøy som innhenter dem. Da denne delmodellen ikke vil bli brukt i denne oppgaven, vil ikke denne bli beskrevet nærmere her. For mer informasjon om denne delmodellen henvises det til AIMSUNs brukermanual.

2.3.3.3 Feltskiftemodell

Hver gang AIMSUN oppdaterer en modell under simulering, dvs. for hvert «Simulation step», kjøres en feltskiftemodell for å vurdere om noen av kjøretøyene i modellen skal skifte kjørefelt. Dette vurderes individuelt for hvert kjøretøy basert på flere faktorer, blant annet hvorvidt det er mulig å utføre et feltskifte, avstanden fram til neste svingebevegelse for kjøretøyet og trafikksituasjonen i det gjeldende kjørefeltet.

Da feltskiftemodellen i liten grad vil bli brukt i denne oppgaven, vil ikke dennes virkemåte gjennomgå i større detalj her. For mer informasjon om delmodellen henvises det til AIMSUNs brukermanual.

2.3.3.4 Vikepliktmodell

For å bestemme hvordan et vikepliktig kjøretøy skal oppføre seg i et kryss eller i andre møtepunkter i nettverket, benytter AIMSUN en vikepliktmodell basert på tidsluketeori. Denne modellen bestemmer hvorvidt et vikepliktig kjøretøy kan kjøre inn i et kryss eller ikke, basert på posisjonen og hastigheten til de nærmeste prioriterte kjøretøyene. Modellen tar i betraktning kjøretøyenes avstand til det hypotetiske kollisjonspunktet, samt deres hastighet og akselerasjon. Basert på dette beregner programmet tiden kjøretøyene trenger for å komme seg gjennom krysset og avgjør om det vikepliktige kjøretøyet kan kjøre inn i krysset. Avgjørelsen avhenger også av hvor høy risiko føreren av det vikepliktige kjøretøyet aksepterer.

Parameterne som inngår i vikepliktmodellen er:

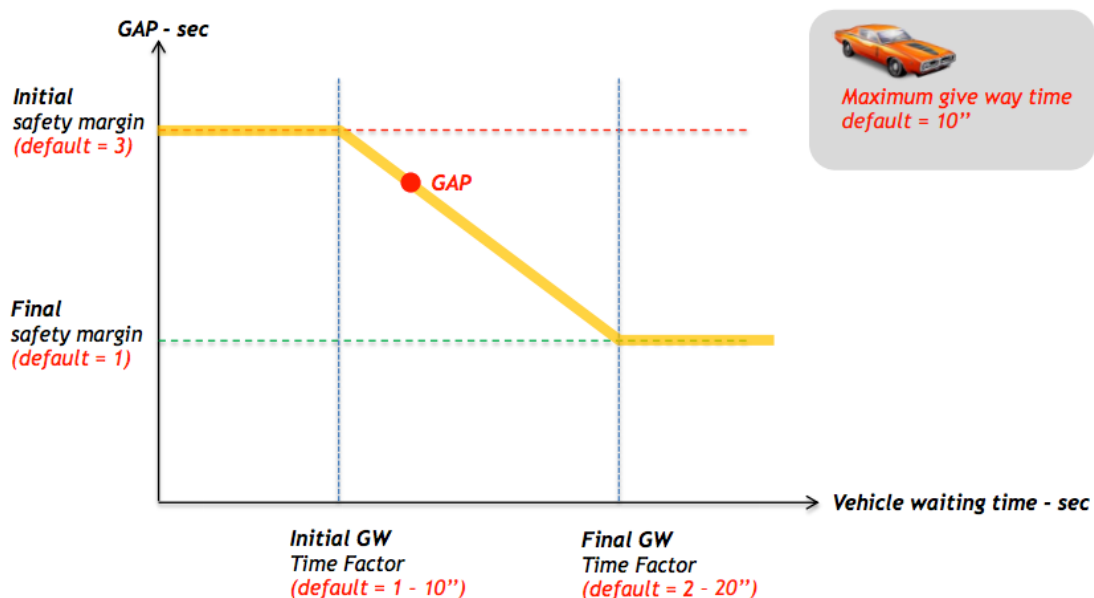
- «Maximum Give Way Time»
- «Initial Safety Margin»
- «Final Safety Margin»
- «Initial GW Time Factor»
- «Final GW Time Factor»
- «Visibility To Give Way»
- «Visibility Along Main Stream»

«Maximum Give Way Time» er en global parameter som påvirker alle tilfeller i modellen hvor et kjøretøy må vike for et annet. Når et vikende kjøretøy har stått ved stillstand i et tidsrom lengre enn verdien av «Maximum Give Way Time», vil føreren begynne å oppføre seg mer aggressivt og godta kortere tidsluker.

De øvrige parameterne er lokale parametere og angis for hvert enkelt kryss. «Safety Margin» uttrykker hvor stor sikkerhetsmargin en fører krever for å kjøre inn i en tidsluke i hovedstrømmen. Det antas at denne marginen blir gradvis mindre etter hvert som kjøretøyet blir stående og vente på å slippe inn i krysset, da føreren blir utålmodig. «Initial Safety Margin» betegner sikkerhetsmarginen en fører mener er nødvendig når kjøretøyet nettopp har ankommet krysset, mens «Final Safety Margin» er den korteste sikkerhetsmarginen han kan strekke seg til å godta etter å ha ventet en god stund i krysset.

Parameteren «Initial GW Time Factor» bestemmer hvor lenge et kjøretøy kan stå i krysset og vente før føreren begynner å godta kortere tidsluker. Denne parameteren angis som andel av «Maximum Give Way Time». «Final GW Time Factor» bestemmer hvor lenge et kjøretøy må vente før føreren aksepterer de korteste tidslukene han kan strekke seg til, dvs. tidsrommet det tar før føreren aksepterer den korteste sikkerhetsmarginen. Også denne parameteren angis som andel av «Maximum Give Way Time». «Maximum Give Way Time» vil således være en maksimalverdi for hvor lenge et kjøretøy kan stå og vente i et kryss før føreren begynner å godta kortere tidsluker.

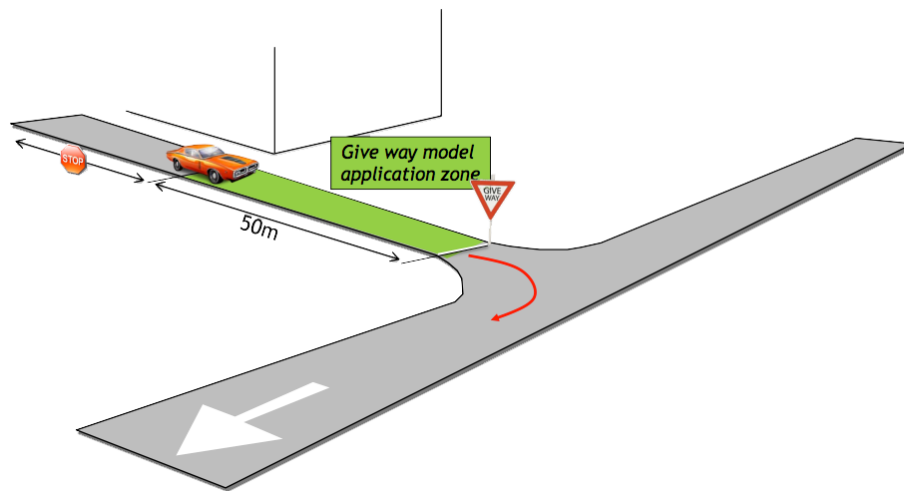
Figur 2.43 viser sammenhengen mellom de overnevnte parameterne:



Figur 2.43: Sammenheng mellom de ulike parameterne i vikepliktmodellen (TSS 2014b)

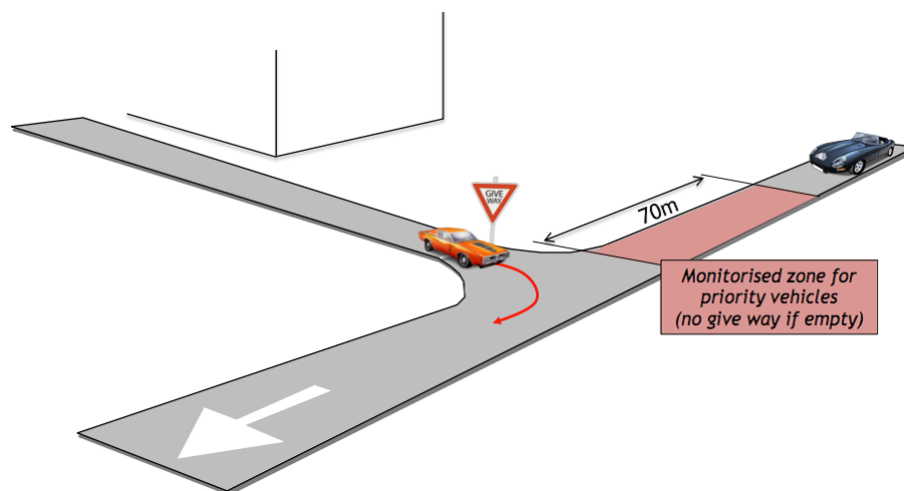
Parameteren «Visibility To Give Way» angir i hvilken avstand fra krysset et vikepliktig kjøretøy må være før vikepliktmodellen igangsettes og kjøretøyet begynner å vurdere

mulige konflikter med prioriterte kjøretøyer i krysområdet. Denne avstanden er vist på Figur 2.44.

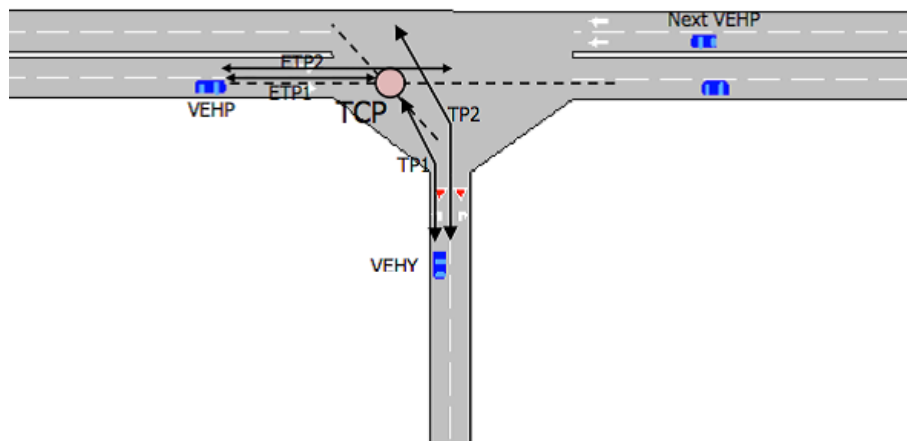


Figur 2.44: Visibility To Give Way (TSS 2014b)

Parameteren «Visibility Along Main Stream» angir hvor lang siktavstand et vikepliktig kjøretøy har langs hovedveien i et kryss. Det er kun prioriterte kjøretøyer som befinner seg innenfor eller delvis innenfor denne siktavstanden som vil bli tatt i betraktning når føreren av det vikepliktige kjøretøyet skal avgjøre hvorvidt han skal vike i krysset. Denne avstanden er illustrert på Figur 2.45.



Figur 2.45: Visibility Along Main Stream (TSS 2014b)



Figur 2.46: Virkemåte vikepliktmodell (TSS 2014b)

I det følgende vil det bli gitt en gjennomgang av hvilke operasjoner gjennomføres i vikepliktmodellen i AIMSUN når et vikepliktig kjøretøy (her kalt VEHY) ankommer et kryss. Beskrivelsen tar utgangspunkt i den skisserte situasjonen på figur 2.46.

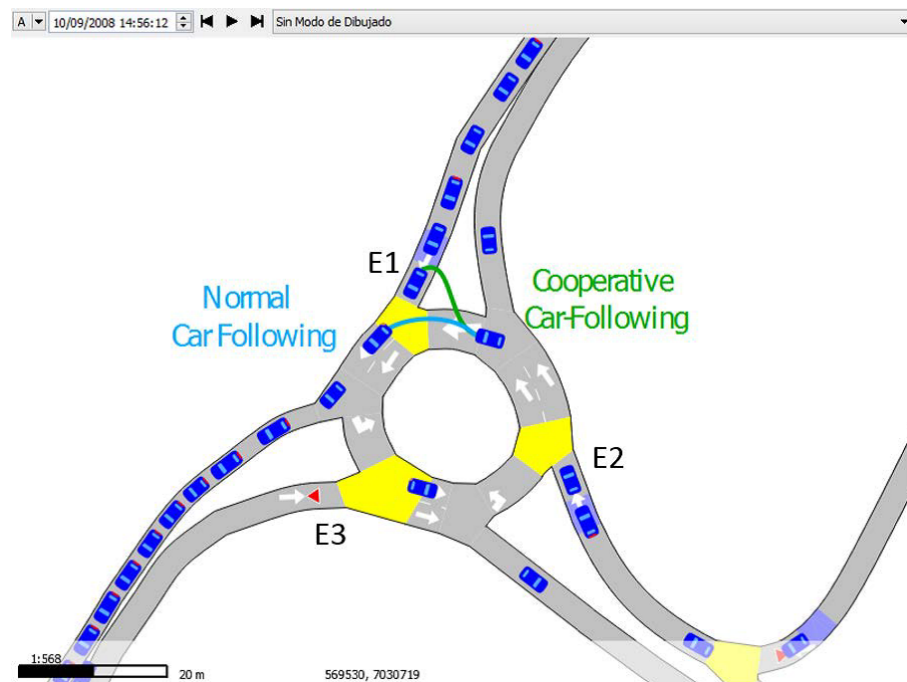
1. Modellen finner nærmeste kjøretøy til VEHY som har prioritet (VEHP).
2. Modellen bestemmer det hypotetiske konfliktpunktet (TCP)
3. Modellen beregner tiden det tar for VEHY å nå nærmeste konfliktpunkt (TP1).
4. Modellen beregner et estimat på tiden det tar for VEHP å nå nærmeste konfliktpunkt (ETP1).
5. Modellen beregner tiden det tar for at VEHY å passere alle konfliktpunkt (TP2).
6. Modellen beregner et estimat på tiden det tar for at VEHP å komme gjennom krysset (ETP2).
7. Dersom $TP2 + \text{sikkerhetsmargin}$ er mindre enn ETP1 vil VEHY ha tid nok til å kjøre gjennom krysset. VEHY vil da starte å akselerere.
8. Dersom punkt 7 ikke gjelder, vil modellen sjekke om ETP2 pluss sikkerhetsmargin er mindre enn TP1. Hvis dette er tilfellet betyr det at VEHP har passert krysset før VEHY ankommer det hypotetiske konfliktpunktet. Da vil modellen sjekke om det er andre kjøretøy med høyere prioritet innenfor siktavstanden langs hovedveien. Er det tilfellet blir det nærmeste prioriterte kjøretøyet satt til å være VEHP og programmet går tilbake til punkt 2.
9. Hvis verken punkt 7 eller 8 er gjeldende må VEHY vike for VEHP.

2.3.3.5 Samarbeidsmodell

Observasjoner i felt har vist at i tilfeller hvor høye trafikkvolumer gir tilbakeblokkering i et nettverk og hastigheten senkes til omkring gangfart, vil trafikantene slutte å handle i overensstemmelse med normale vikepliktsregler i kryssområdene. I stedet vil kjøretøyene begynne å samarbeide med hverandre ved å utføre flettekjøring, hvor hvert kjøretøy i hovedstrømmen typisk slipper et vikepliktig kjøretøy inn foran seg i hvert kryss i nettverket (Aakre et al. 2014). Denne atferden er ikke i overensstemmelse med den tidslukebaserte vikepliktmodellen som vanligvis brukes i AIMSUN.

Fra og med versjon 8.1 har imidlertid AIMSUN inkludert en mulighet for å modellere slik atferd gjennom en ny delmodell kalt "Cooperative Model for Unsignalized Intersections". Ved bruk av denne modellen kan brukeren angi at vikepliktige kjøretøy skal få hjelp fra kjøretøy i hovedstrømmen til å komme gjennom kryssene i nettverket.

Brukeren kan selv spesifisere hvor stor andel av sjåførene i hovedstrømmen som vil velge samarbeide på denne måten. Ved 100% samarbeid får man en perfekt flettekjøring. Ved 0% samarbeid vil ingen av kjøretøyene i hovedstrømmen slippe inn vikende kjøretøy fra krysset, og situasjonen blir den samme som ved bruk av den tidslukebaserte vikepliktmodellen (Aakre et al. 2014).



Figur 2.47: Virkemåte for samarbeidsmodell (Aakre et al. 2014)

Tilsvarende som for den tidslukebaserte vikepliktmodellen, så aktiveres samarbeidsmodellen når et vikende kjøretøy er i en avstand fra krysset lik parameteren «Visibility

To Give Way». Programmet identifiserer da det nærmeste kjøretøyet i hovedstrømmen som har en posisjon som gjør det mulig å bremse ned og slippe inn det vikepliktige kjøretøyet. Programmet sjekker så om dette kjøretøyet ønsker å hjelpe det vikepliktige kjøretøyet inn i hovedstrømmen. Er dette ikke tilfellet, kontrollerer programmet neste kjøretøy i hovedstrømmen ønsker å hjelpe, etc. inntil et samarbeidende kjøretøy er funnet eller programmet har kontrollert alle kjøretøy innenfor siktavstanden langs hovedveien. Dersom programmet finner et samarbeidende kjøretøy, vil modellen sørge for at dette kjøretøyet bytter sitt ledende kjøretøy i bilfølgemodellen til å bli det vikende kjøretøyet som skal slippes inn i krysset. (Aakre et al. 2014). Dette er illustrert på figuren 2.47.

AIMSUN gir også brukeren mulighet til å velge at samarbeidsmodellen kun skal aktiveres ved bestemte trafikksituasjoner, noe som er praktisk da modellen hovedsakelig er relevant å bruke i tilfeller med høye trafikkvolumer og lav avviklingskvalitet. Samarbeidsmodellen kan for eksempel settes til å aktiveres når hastigheten på lenkene i et kryssområde blir lavere enn en gitt verdi. Brukeren har også anledning til å velge at samarbeidsmodellen kun skal brukes for bestemte svingebevegelser eller kjøretøygrupper (Aakre et al. 2014).

2.3.4 Sentrale parametere i AIMSUN 8.1

I omtalen av delmodellene i kapittel 2.3.3 har en rekke parametere som er aktuelle å justere på ved modellering av et nettverk i AIMSUN 8.1 blitt forklart. Det er et stort antall parametere, og det kan være vanskelig å holde oversikten. Tabell 2.7 oppsummerer noe av de viktigste parameterne som det kan være aktuelt å justere på ved kalibrering av nettverksmodellen i AIMSUN 8.1.

Tabell 2.7: Oppsummering av sentrale parametere i AIMSUN 8.1

Globale parametere	Simulation step
	Reaksjontid
	Reaksjonstid ved stopp
	Maximum Give Way Time
	Oppvarmingsperiode
Lokale parametere	Oppgitt fartsgrense på strekningen
	Initial Safety Margin
	Final Safety Margin
	Initial GW Time Factor
	Final GW Time Factor
	Visibility To Give Way
	Visibility Along Main Stream
	Yellow box-fart
	Stigningsgrad på lenke
Kjøretøyparametere	Kjøretøyets lengde
	Kjøretøyets maksimale ønskede fart
	Maksimal akselerasjon
	Normal akselerasjon
	Maksimal retardasjon
	Førers villighet til å akseptere fartsgrensen
Sensitivitetsparameter	

2.4 Sammenligning av SIDRA INTERSECTION og AIMSUN

Med utgangspunkt de ulike måtene å klassifisere trafikkmodeller på fra kapittel 2.1, samt beskrivelsene av trafikkmodellene fra kapitlene 2.2 og 2.3 vil det i det følgende bli gjennomført en sammenligning av SIDRA INTERSECTION 6.1 og AIMSUN 8.1 for å klargjøre de mest sentrale forskjellene modellenes oppbygning og virkemåte.

Både SIDRA INTERSECTION og AIMSUN er mikromodeller. Det vil si at begge modellene tar utgangspunkt i atferden til individuelle kjøretøyer for å modellere tilstanden i et trafikksystem. Programmene har likevel vesentlige forskjeller i deres oppbygning og virkemåte.

SIDRA INTERSECTION er en analytisk modell som baseres på bruk av matematiske formler for å bestemme tilstanden i trafikksystemet som skal modelleres. For eksempel blir kapasiteten i krysstillfarter beregnet direkte ved bruk av matematiske formler som vist i kapittel 2.2.2.1. SIDRA INTERSECTION er også en deterministisk modell da programmet vil produsere de samme resultatene hver gang en trafikkmodell kjøres.

AIMSUN er en simuleringsmodell som tar utgangspunkt i et sett med regler for å simulere kjøretøyenes bevegelser i trafikksystemet som skal modelleres. I AIMSUN bestemmes kjøretøyenes atferd blant annet ved bruk av bilfølgemodeller, feltskiftmodeller og vikepliktmodeller som gjennomgått i kapittel 2.3.3.

Det vil være tilfeldige variasjoner i for eksempel reaksjonstid, rutevalg og trafikkmønster for hver gang en trafikkmodell kjøres i AIMSUN, ettersom hver simulering vil være basert på en unik kombinasjon av parameterverdier. Dermed vil det også være variasjoner i modelleringsresultatene som produseres hver gang en trafikkmodell kjøres. AIMSUN er således en stokastisk trafikkmodell og man bør vanligvis utføre flere kjøring av en trafikkmodell for å oppnå en normalfordeling med et akseptabelt konfidensintervall for modellresultatene.

Både AIMSUN og SIDRA INTERSECTION er dynamiske modeller, da de kan ta hensyn til trafikkvariasjoner i løpet av modelleringsperioden. I SIDRA INTERSECTION brukes imidlertid en forenklet metode for å modellere trafikkvariasjoner ved at brukeren kan definere én topperiode med valgfri varighet og intensitet som plasseres midt i modelleringsperioden, som omtalt i kapittel 2.2.3.1. I AIMSUN modelleres trafikkvariasjoner kontinuerlig basert på den simulerte trafikkavviklingen og brukeren har stor mulighet til å påvirke de modellerte trafikkvariasjonene blant annet ved å tilpasse etterspørselsgrunnlaget som brukes i trafikkmodellen, som omtalt i kapittel 2.3.1.2.

Programmene kan også skilles fra hverandre med hensyn til hvilken fremgangsmåte de bruker for å modellere trafikksituasjonen i et vegnettverk. I SIDRA INTERSECTION utføres nettverksmodellering ved at brukeren først oppretter og spesifiserer separate modeller for hvert av kryssene i nettverket for deretter å koble disse sammen i et nettverk. I AIMSUN opprettes hele nettverket som skal modelleres i en og samme modell.

Under modelleringsprosessen i SIDRA INTERSECTION tar modellen utgangspunkt i beregninger fra de enkelte kryssmodeller og bruker deretter en iterativ fremgangsmåte for å ta hensyn til eventuelle vekselvirkninger mellom kryssene i nettverket, som omtalt i kapittel 2.2.2.3. I AIMSUN behandles derimot nettverket som ett sammenhengende system under hele modelleringsprosessen. Mens SIDRA INTERSECTION vekselvis fokuserer på de ulike bestanddelene i et nettverk, har AIMSUN således i større grad en systemtilnærming ved nettverksmodellering.

3 Kapittel 3 Målinger og registreringer

3.1 Valg av studieområde

I dette kapittelet vil det bli gitt en presentasjon av studieområdet som ble brukt som utgangspunkt for å teste ut og sammenligne trafikkmodellene i denne oppgaven.

Ved utvelgelsen av studieområdet ble det fokusert på å finne et mindre nettverk som periodevis hadde høye trafikkbelastninger slik at tilbakeblokkering kunne forventes å oppstå med jevne mellomrom. Videre var det ønskelig at nettverket skulle ha et begrenset antall kryss, slik at det ble enkelt å holde oversikt over avviklingsforholdene i området. Ettersom SIDRA INTERSECTION i skrivende stund har begrensede muligheter til å modellere rutevalg på en god måte, var det også ønskelig å finne et nettverk hvor rutevalg ikke var en viktig faktor. Det ble også ansett som en fordel dersom noen av kryssene i nettverket hadde ulike reguleringsformer.

I samråd med veileder ble det funnet frem til et studieområde som tilfredstilte alle de ønskede kriteriene. Studieområdet ligger på Sluppen i Trondheim, og er vist på figur 3.1



Figur 3.1: Studieområdets beliggenhet (Hjelkrem & Bang 2009)

Studieområdet omfatter et nettverk som består av tre kryss med ulik regulering, som vist på figur 3.2. De tre kryssene er et signalregulert kryss (A), en rundkjøring (B) og et vikepliktregulert T-kryss (C). Nettverket avvikler trafikk mellom Osloveien, Tempevegen, Sluppenvegen og E6 Omkjøringsveien. I tillegg går det litt trafikk til og fra parkeringsplassen ved Sluppen Brannstasjon, som også er markert på figur 3.2.



Figur 3.2: Oversiktsbilde av studieområde

I ettermiddagsrushet oppstår det ofte avviklingsproblemer i dette området. Det lysregulerte krysset fungerer da som en flaskehals for trafikken oppstrøms, som fører til tilbakeblokkering og kapasitetsreduksjon i rundkjøringen og T-krysset. Det oppstår da jevnlig køer som strekker seg bakover fra lyskrysset gjennom rundkjøringen og videre fordi det vikepliktregulerte T-krysset. Dette fører til kødannelser bakover på Tempevegen, Sluppenvegen og oppover avkjøringsrampen fra E6 Omkjøringsveien. Denne situasjonen er vist på figur 3.3.



Figur 3.3: Studieområdet i rushtid

Avviklingsforholdene i studieområdet i ettermiddagsrushet blir for øvrig beskrevet nærmere i kapittel 3.3.2.

For å kunne modellere trafikksituasjonen i studieområdet var det først nødvendig å samle inn en rekke inngangsdata til trafikkmodellene. Dette omfattet både trafikkregistreringer og målinger av nettverkets geometri. I de følgende kapitlene vil det bli redegjort for hvilke metoder som ble brukt og hvilke data som ble innhentet under disse arbeidene.

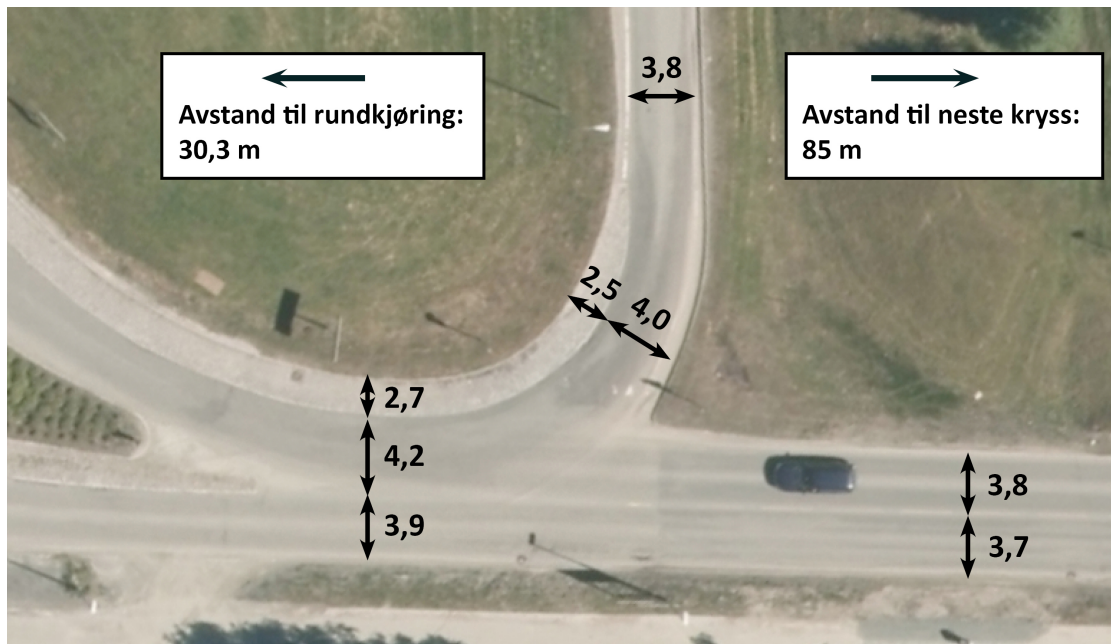
3.2 Geometrimålinger

Informasjon om et nettverks geometri er sentralt for å kunne etablere gode nettverksmodeller. Det ble utført en rekke geometriske målinger på nettverket i studieområdet. Målingene ble i all hovedsak utført manuelt i felt ved bruk av et målehjul. Noen størrelser måtte imidlertid hentes fra flyfoto da det var vanskelig å få målt dem i felt med tilstrekkelig nøyaktighet. Følgende ble registrert:

- Bredder på kjørefelt gjennom hele nettverket
- Bredder på feltutvidelser for tungtrafikk
- Avstander fra hvert av kryssene til nærmeste tilstøtende kryss
- Bredder på trafikkøyer i krysstilfarer
- Inngangsvinkler for tilfartene i rundkjøringen
- Diameter på sentraløyen i rundkjøringen
- Bredder på sirkulasjonsarealet i rundkjøringen

Figurene 3.4 til 3.7 nedenfor oppsummerer resultatene fra geometrimålingene.

Vikepliktregulert T-kryss



Figur 3.4: Geometri i T-kryss

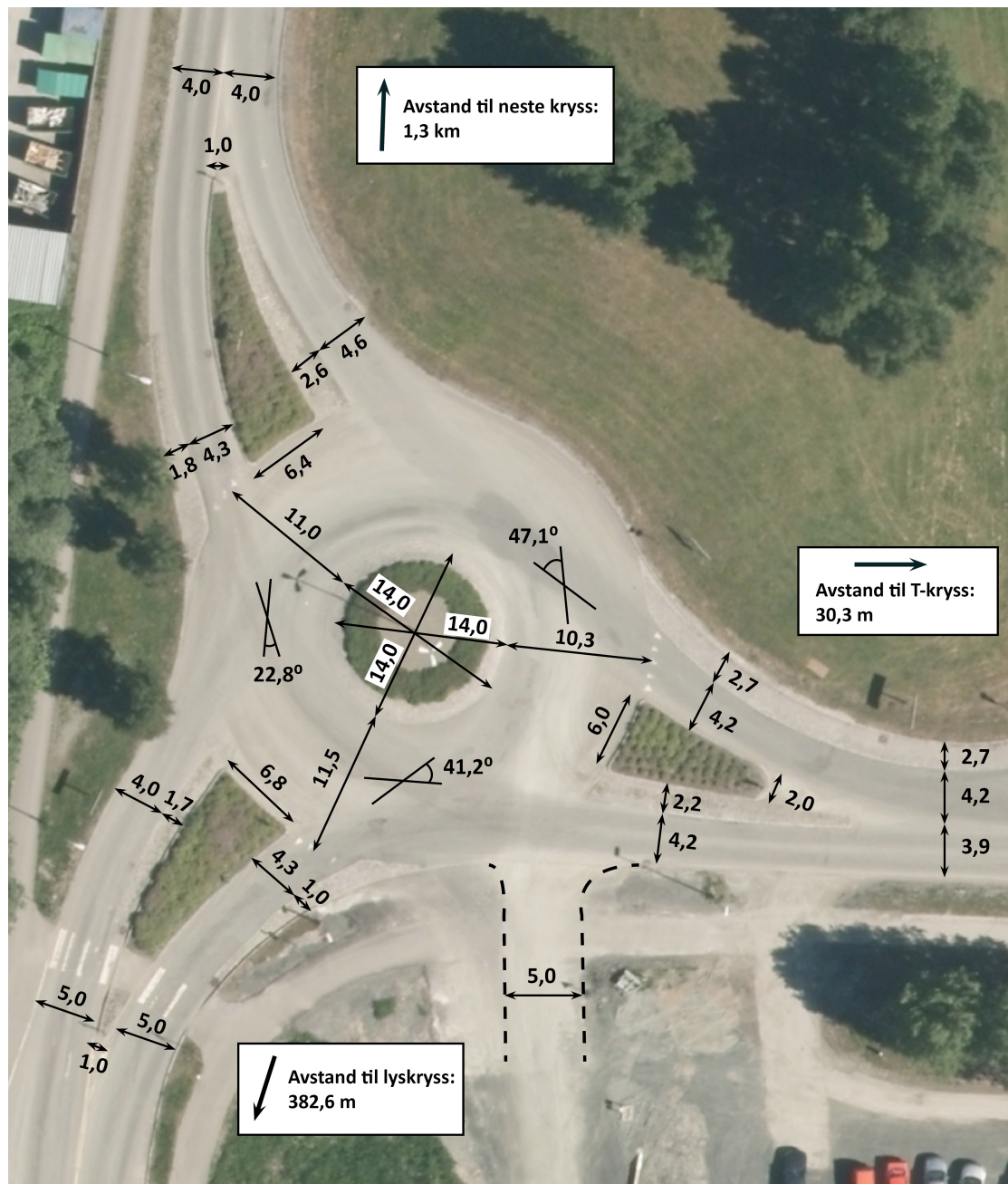
Merk at avkjøringsrampen og vestgående avkjørsel i T-krysset omfatter breddeutvidelser for tungtrafikk. Bredden på disse er markert med samme symboler som kjørefeltbreddene på figur 3.4, men de må ikke oppfattes som ekstra kjørefelt.

Strekning mellom rundkjøring og Sluppen bru



Figur 3.5: Geometri på strekning mellom rundkjøring og Sluppen bru

Rundkjøring



Figur 3.6: Geometri i rundkjøring

Tilsvarende som for T-krysset omfatter også tilfartene i rundkjøringen bredeutvidelser for tungtrafikk som ikke må oppfattes som ekstra kjørefelt.

Signalregulert kryss



Figur 3.7: Geometri i signalregulert kryss

3.3 Trafikkregistreringer

Det ble utført trafikkregistreringer i felt for å skaffe et grunnlag til å utarbeide inngangsdata til trafikkmodellene. Det ble foretatt registreringer av følgende trafikkdata:

- Trafikkmengder og svingeandeler i hvert kryss
- Tungtrafikkandeler
- Kølengder
- Reisetider
- Faseplan for signalanlegg

Valget av tidspunkter for utføring av trafikkregistreringene ble gjort med utgangspunkt i at dataene skulle være mest mulig representative for trafikksituasjonen på en vanlig ukedag. Videre var det viktig at periodene inkluderte ettermiddagsrushet hvor det oppstår høye trafikkvolumer som kan gi tilbakeblokkering i nettverket. Ettersom noe av formålet med denne oppgaven er å vurdere hvor godt egnet trafikkmodellene er til å modellere slike nettverkseffekter, var det viktig at registreringene ble utført på tidspunkter hvor disse effektene kunne forventes å oppstå. Tabell 3.1 oppsummerer ved hvilke tidspunkter det ble utført feltregistreringer.

Tabell 3.1: *Tidspunkter for utførelse av trafikkregistreringer*

Dato	Dag	Tidspunkt
03.03.2015	Tirsdag	14:45 - 16:30
04.03.2015	Onsdag	14:30 - 16:35

3.3.1 Registreringsmetoder

Registreringene ble primært utført ved å gjennomføre videoopptak av trafikkavviklingen i nettverket. De ønskede trafikkdataene ble deretter innhentet gjennom analyse av videoopptakene. Det ble benyttet to videokameraer, hvor det ene filmet trafikken gjennom T-krysset og rundkjøringen, mens det andre filmet trafikken gjennom lyskrysset på Sluppen bru.

Kameraet som filmet T-krysset og rundkjøringen ble montert på toppen av forstøtningsmuren ved enden av parkeringsplassen ved brannstasjonen, mens kameraet som filmet lyskrysset ble montert på et trafikkskilt plassert ved østre innkjørsel til Sluppen bru. Begge kameraene var utstyrt med linser av typen ultravidvinkel («fisheye»), slik at synsfeltene ble tilstrekkelig brede til å dekke de viktigste delene av nettverket. Kameraenes plassering, samt synsfeltene de dekket ved opptak, er vist på figurene 3.8 til 3.11.



Figur 3.8: Plassering av kamera ved T-kryss og rundkjøring



Figur 3.9: Utsnitt fra videoopptak ved T-kryss og rundkjøring



Figur 3.10: Plassering av kamera ved lyskruss



Figur 3.11: Utsnitt fra videoopptak ved lyskruss

Trafikkmengder, svingeandeler og tungtrafikkandeler ble registrert fra videoopptakene ved å telle antall kjøretøyer som kjørte gjennom de ulike kryssene i nettverket i løpet av registreringsperioden. For hvert kjøretøy som ble registrert gjennom et kryss ble det notert hvilken tilfart kjøretøyet kom fra, hvilken svingebevegelse kjøretøyet utførte i krysset, og hvorvidt det var et lett eller et tungt kjøretøy. For å fange opp variasjoner i trafikkmønsteret ble tellingene inndelt i intervaller på fem minutter.

Kølengder ble registrert fra videoopptakene hvert femte minutt. Det ble registrert kølengder bak hver av tilfartene i rundkjøringen, samt oppover avkjøringsrampen til E6 Omkjøringsveien. I noen få perioder i løpet av registreringene oppstod det køer som strakk seg utenfor kameraets synsfelt, slik at total kølengde ikke kunne registreres fra videoopptakene. I disse tilfellene ble kølengdene registrert manuelt i felt.

Reisetid gjennom nettverket ble registrert fra videoopptakene ved å velge ut enkelte kjøretøy og registrere hvor lang tid de brukte på å kjøre gjennom nettverket. Videoopptakene fra de to kameraene ble da synkronisert med hverandre. Det ble utført reisetidsregistreringer både i og utenfor rushperiodene.

I de følgende kapitlene vil det først bli gitt en kvalitativ beskrivelse av den observerte trafikkavviklingen i registreringsperioden. Deretter vil det bli gitt en presentasjon av resultatene fra de ulike trafikkregistreringene.

3.3.2 Beskrivelse av observert trafikkavvikling

I det følgende vil det bli gitt en kvalitativ beskrivelse av trafikkavviklingen som ble observert under feltregistreringene. Beskrivelsen vil ta utgangspunkt i registreringene som ble utført onsdag 4. mars, men trafikkavviklingen fulgte et tilsvarende mønster også på tirsdag 3. mars. Det vil først bli gitt en overordnet beskrivelse trafikkavviklingen i studieområdet. Deretter vil det bli gitt en gjennomgang spesifikke observasjoner som det kan være aktuelt å ta særlige hensyn til ved modellering av trafikksituasjonen i studieområdet.

Generell beskrivelse av trafikkavvikling

I starten av registreringsperioden var trafikkmengdene moderate, og det var god flyt i avviklingen, uten nevneverdige kødannelser bak noen av tilfartene oppstrøms for lyskrysset. I lyskrysset ble stort sett alle ventende kjøretøy fra Sluppenområdet avviklet i løpet av én grønnperiode.

Fra omtrent klokken 15:00 ble det observert økninger i trafikkmengdene fra Sluppenområdet som skulle gjennom lyskrysset på Sluppen bru. Dette førte etter hvert til at ikke alle kjøretøy som ventet i lyskrysset ble avviklet i løpet av en grønnperiode, slik at stadig flere kjøretøy ble stående i kø bak lyskrysset.

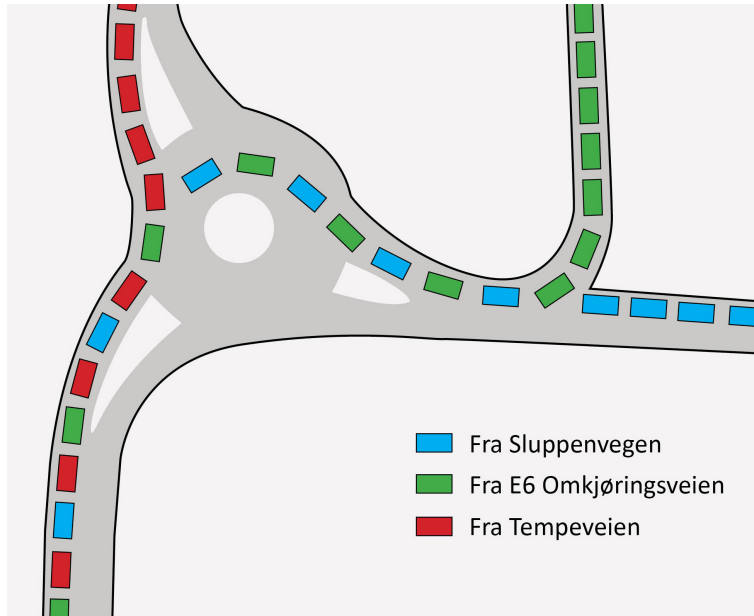
Rundt klokken 15:30 hadde køen fra lyskrysset vokst slik at bakenden på køen nådde rundkjøringen oppstrøms. Dette førte videre til at det oppstod tilbakeblokkering gjennom rundkjøringen og T-krysset, noe som gjorde at trafikkavviklingen i nettverket brøt sammen. Gjennomsnittlig kjørehastighet i nettverket ble da veldig lav, og det oppstod kødannelser bak tilfartene fra Sluppenveien og på avkjøringsrampen fra E6 Omkjøringsvegen.

Køene bak tilfartene fra Sluppenveien og på avkjøringsrampen fra E6 Omkjøringsvegen ble etter hvert veldig lange, og de fortsatte å vokse inntil omtrent klokken 16:15. Etter dette begynte køene sakte men sikkert å avta igjen. Situasjonen med tilbakeblokkering og dårlig avviklingskvalitet vedvarte inntil omtrent klokken 16:40. Deretter gikk trafikkavviklingen tilbake til å bli som den var i begynnelsen av registreringsperioden.

Flettekjøring

Mens det i løpet av registreringsperioden oppstod lange køer bak tilfartene fra Sluppenveien og E6 Omkjøringsvegen, ble det aldri observert særlig lange køer bak tilfarten fra Tempeveien. Det ble funnet at årsaken til dette var knyttet til en endring i trafikantenes atferdsmønster da trafikkavviklingen brøt sammen. Da kjørehastigheten ble redusert

til omkring gangfart, sluttet trafikantene å følge de vanlige vikepliktsreglene i kryssområdene. I stedet begynte de å samarbeide med hverandre ved å utføre flettekjøring, hvor hvert kjøretøy i hovedstrømmen typisk slapp ett vikepliktig kjøretøy inn foran seg. Denne situasjonen er illustrert på figur 3.12.



Figur 3.12: Flettekjøring i rushtiden

I T-krysset slapp hvert kjøretøy fra Sluppenvegen typisk ett vikepliktig kjøretøy fra E6 Omkjøringsveien inn foran seg. Hvert av disse kjøretøyene slapp så hvert sitt vikepliktige kjøretøy fra Tempeveien inn foran seg i rundkjøringen. Dette medførte at annethvert kjøretøy ut fra rundkjøringen mot Sluppen bru kom fra Tempeveien, mens kun hvert fjerde kjøretøy kom fra Sluppenvegen og E6 Omkjøringsveien. Tilfarten fra Tempeveien fikk således dobbelt så høy prioritet som tilfartene fra Sluppenveien og E6 Omkjøringsveien, noe som resulterte i at det aldri oppstod problemer med store kødannelse på denne tilfarten. Ved modellering av trafikkavviklingen i studieområdet vil denne effekten være viktig å ta hensyn til.

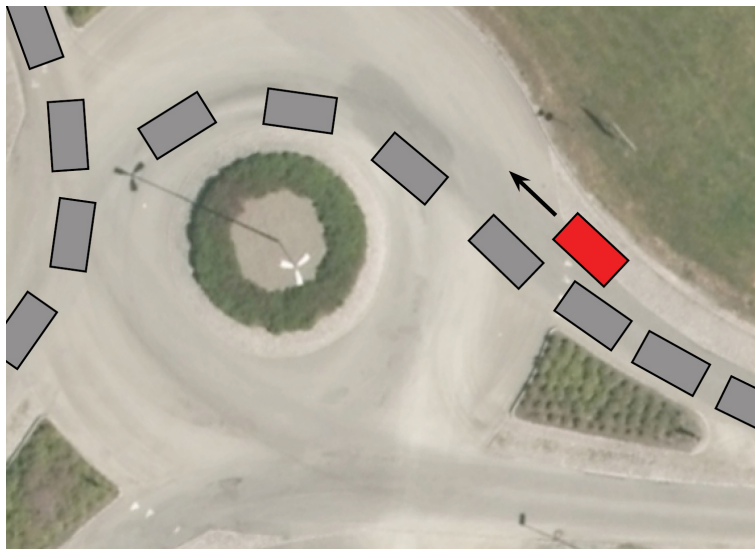
Fotgjengere og syklist

I løpet av registreringsperiodene ble det også vurdert hvordan fotgjengere og syklist påvirket trafikkavviklingen. Den øvre delen av studieområdet omfatter én fotgjengerovergang, plassert ved tilfarten fra Sluppen bru i rundkjøringen. I løpet av registreringsperiodene ble det observert lave fotgjenger- og syklistvolumer på denne overgangen. Fotgjengere og syklist hadde således en svært begrenset påvirkning på trafikkavviklingen i området. Av denne grunn ble det besluttet at det ikke var nødvendig å telle antall fotgjengere og syklist fra den øvre delen av studieområdet under registreringene.

Fotgjengere og syklistene spilte imidlertid en viktig rolle for trafikkavviklingen ut fra lyskrysset, ettersom signalanlegget også omfatter en signalregulert fotgjengerovergang over Osloveien. I løpet av registreringsperiodene ble denne overgangen brukt hyppig, noe som førte til forlenget rødtid for kjøretøyene på Sluppen bru. I modelleringen av trafikkavviklingen blir denne effekten viktig å ta hensyn til ved konfigurering av faseplanen til signalanlegget.

To kjøretøy i bredden på tilfartene i rundkjøringen

Under periodene med tilbakeblokkering og lange køer ble det observert at mange av kjøretøyene fra Sluppenveien som skulle svinge til høyre i rundkjøringen kjørte på utsiden av køen ved å bruke breddeutvidelsen for tungtrafikk som et ekstra kjørefelt. På denne måten unngikk disse kjøretøyene å måtte vente i kø for å komme frem til rundkjøringen. Denne situasjonen er illustrert på figur 3.13. Dette bør tas hensyn til ved modellering av trafikkavviklingen i rundkjøringen.



Figur 3.13: *To kjørefelt i bredden på tilfart fra rundkjøring*

Lave hastigheter på Sluppen bru

Det ble observert at kjøretøyer fra Sluppenområdet vanligvis måtte bremse ned betydelig i det de skulle svinge inn på Sluppen bru. Dette skyldtes at kjøretøyene måtte gjennomføre en krapp sving ved påkjøring til broen, samtidig som vegbredden be snevret inn betydelig. Dette medførte at det oppstod forholdsvis store luker mellom kjøretøyene som kjørte inn på broen, noe som reduserte antallet kjøretøy som ankom lyskrysset i løpet av en grønnperiode. Videre ble det observert at kjøretøyene som kjørte ut av lyskrysset holdt lave hastigheter da de måtte gjennomføre krappe svinger ved innkjøring på Osloveien. Også dette bidro til at det ble avviklet et begrenset antall kjøretøyer i lyskrysset. Tilfarten fra Sluppen bru i lyskrysset syntes dermed å ha et forholdsvis lavt metningsvolum.

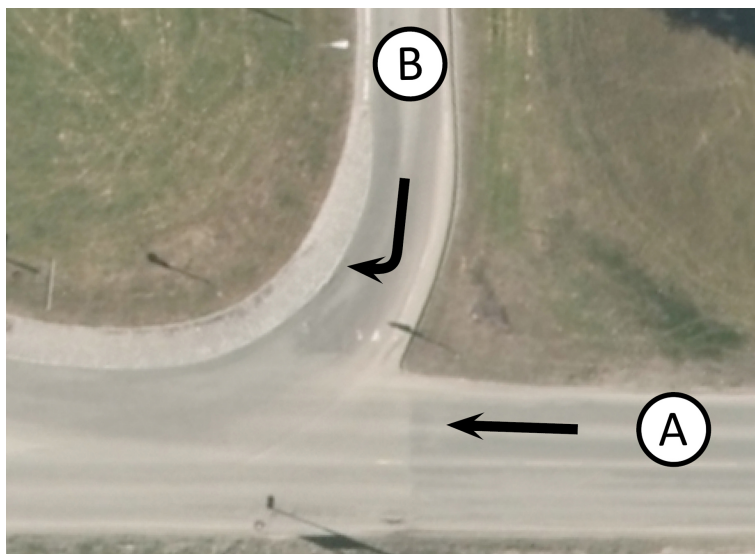
3.3.3 Registrerte trafikkmengder, svingeandeler og tungtrafikkandeler

I det følgende vil det bli gitt en presentasjon av registrerte trafikkmengder, svingeandeler og tungtrafikkandeler i hvert av kryssene i nettverket i løpet av de to registreringsperiodene.

Som det fremgår av tabell 3.1 ble det utført registreringer over et noe lengre tidsrom på onsdag 4. mars sammenlignet med tirsdag 3. mars. Det er imidlertid valgt å begrense presentasjonen av trafikkmengdene til kun å omfatte det samme tidsrommet for begge dagene, slik at resultatene lettere kan sammenlignes med hverandre. Tidsrommet som er valgt er 14:45 - 16:30.

Som tidligere nevnt ble trafikkmengdene registrert i intervaller på fem minutter. I følgende fremstilling er det imidlertid valgt å presentere de registrerte trafikkmengdene i intervaller på 15 minutter for å gjøre fremstillingen mer oversiktlig. Denne oppløsningen anses likevel å være tilstrekkelig høy til at man får et inntrykk av trafikkvariasjonene i registreringsperiodene. For mer detaljerte resultater henvises det til vedlagte Exceldokumenter med rådata fra trafikkregistreringene i oppgavens digitale vedlegg.

3.3.3.1 Vikepliktregulert T-kryss



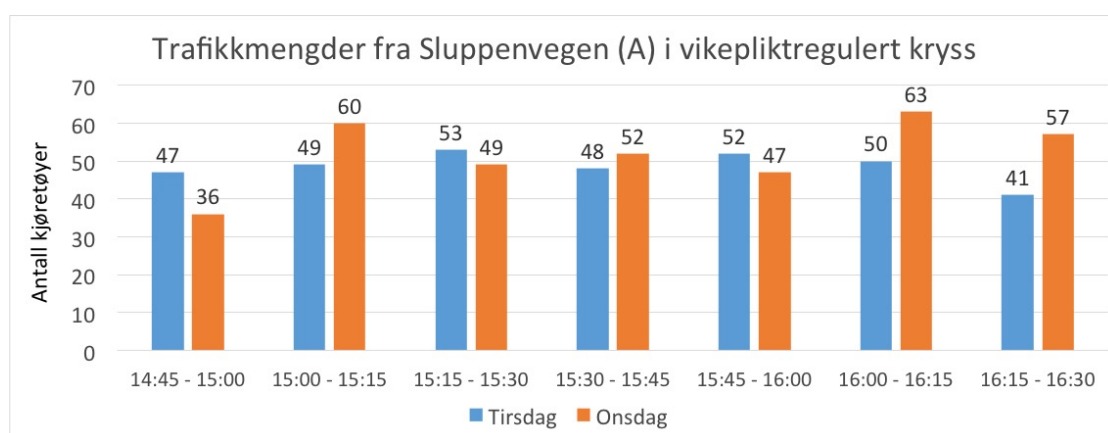
Figur 3.14: Registrerte trafikkmengder i vikepliktregulert kryss

Figur 3.14 viser hvilke trafikkmengder som ble registrert i det vikepliktregulerte krysset. Tabell 3.2 viser totalt antall kjøretøyer som ble registrert gjennom krysset i perioden fra 14:45 til 16:30 for begge registreringsdagene.

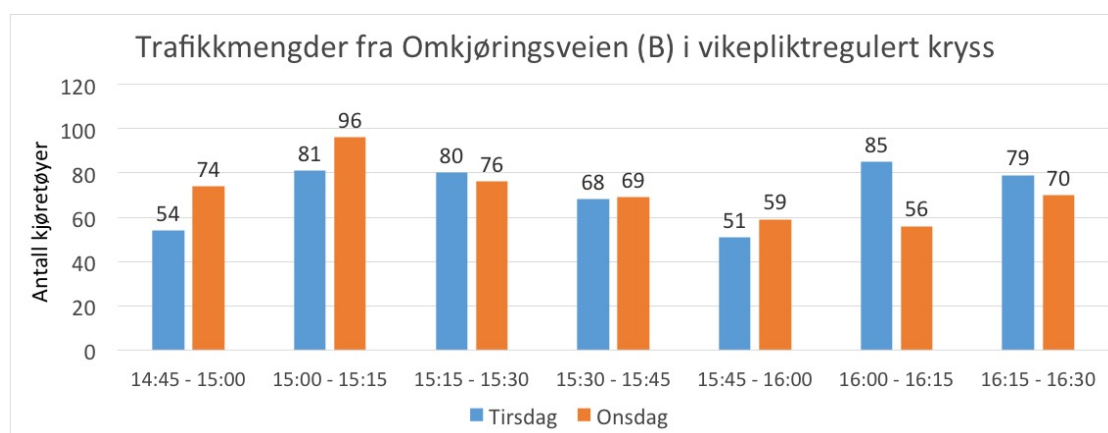
Tabell 3.2: Totale trafikkmengder registrert i vikepliktregulert kryss i perioden 14:45 - 16:30

	Fra Sluppenvegen (A)	Fra E6 Omkjøringsvegen (B)
Tirsdag 3. mars	340	498
Onsdag 4. mars	365	500

Diagrammene på figurene 3.15 og 3.16 viser hvor store trafikkmengder fra henholdsvis Sluppenvegen (A) og E6 omkjøringsvegen (B) som ble registrert i løpet av hvert 15. minutt i perioden fra 14:45 til 16:30 for begge registreringsdagene. Det fremgår at trafikkmengdene på begge dagene varierte etter et forholdsvis tilsvarende mønster .



Figur 3.15: Trafikkmengder fra Sluppenvegen (A) i vikepliktregulert kryss



Figur 3.16: Trafikkmengder fra E6 Omkjøringsveien (B) i vikepliktregulert kryss

Tabellene 3.3 og 3.4 viser registrerte fordelinger mellom lette og tunge kjøretøy i trafikkstrømmene fra henholdsvis Sluppenvegen (A) og E6 Omkjøringsvegen (B) for begge dagene. Det fremgår også hvor mange kjøretøy som ble talt i hver kjøretøyklasse.

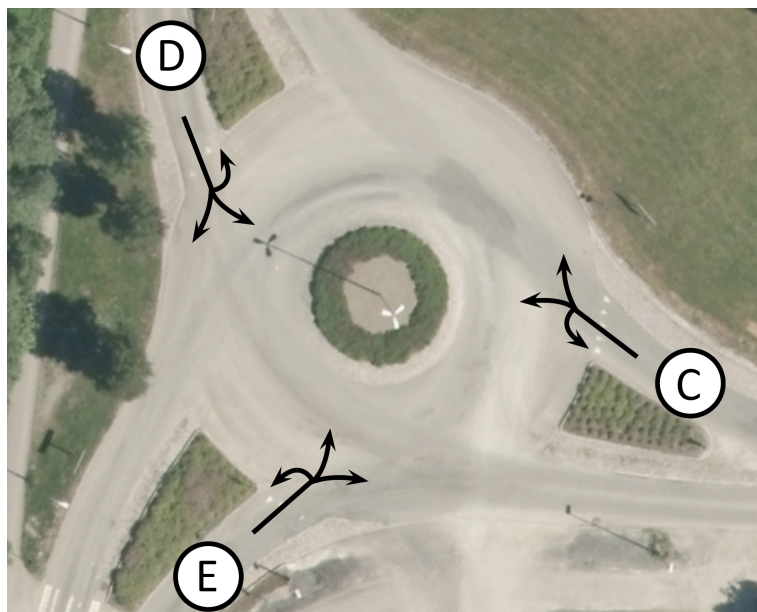
Tabell 3.3: Fordeling av lette og tunge kjøretøy fra Sluppenvegen (A) i vikepliktregulert kryss i perioden 14:45 - 16:30

	Lette kjøretøy	Tunge kjøretøy
Tirsdag 3. mars	96% (325)	4% (15)
Onsdag 4. mars	94% (342)	6% (22)

Tabell 3.4: Fordeling av lette og tunge kjøretøy fra E6 Omkjøringsvegen (B) i vikepliktregulert kryss i perioden 14:45 - 16:30

	Lette kjøretøy	Tunge kjøretøy
Tirsdag 3. mars	99% (492)	1% (6)
Onsdag 4. mars	98% (492)	2% (8)

3.3.3.2 Rundkjøring



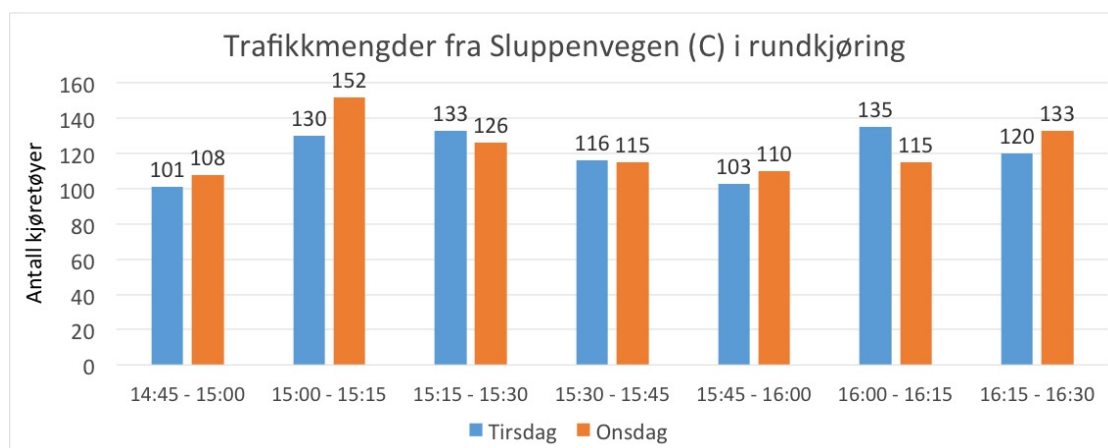
Figur 3.17: Registrerte trafikkstrømmer i rundkjøring

Figur 3.17 viser hvilke trafikkstrømmer som ble registrert i rundkjøringen. Tabell 3.5 viser totalt antall kjøretøyer som ble registrert gjennom krysset i perioden fra 14:45 til 16:30 for begge registreringsdagene.

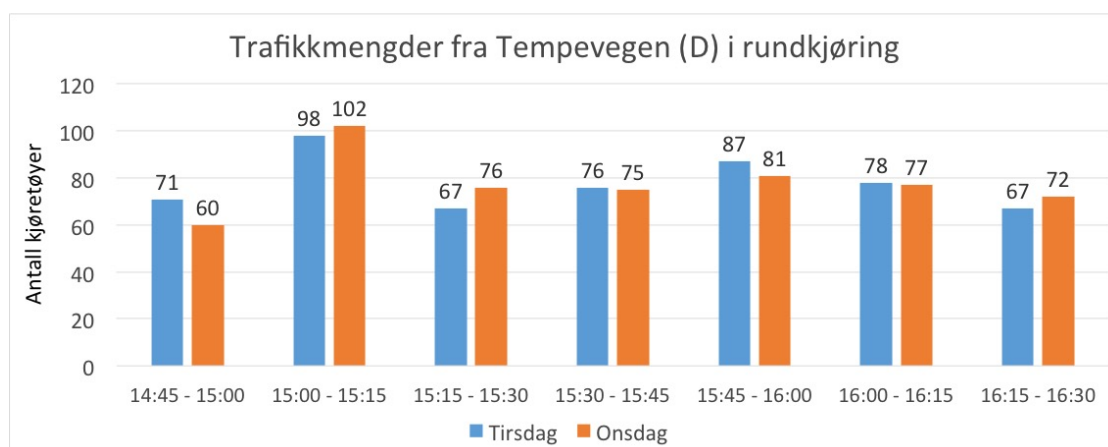
Tabell 3.5: Totale trafikkmengder registrert i rundkjøring i perioden 14:45 - 16:30

	Fra Sluppenvegen (C)	Fra Tempevegen (D)	Fra Sluppen bru (D)
Tirsdag 3. mars	838	544	665
Onsdag 4. mars	859	543	647

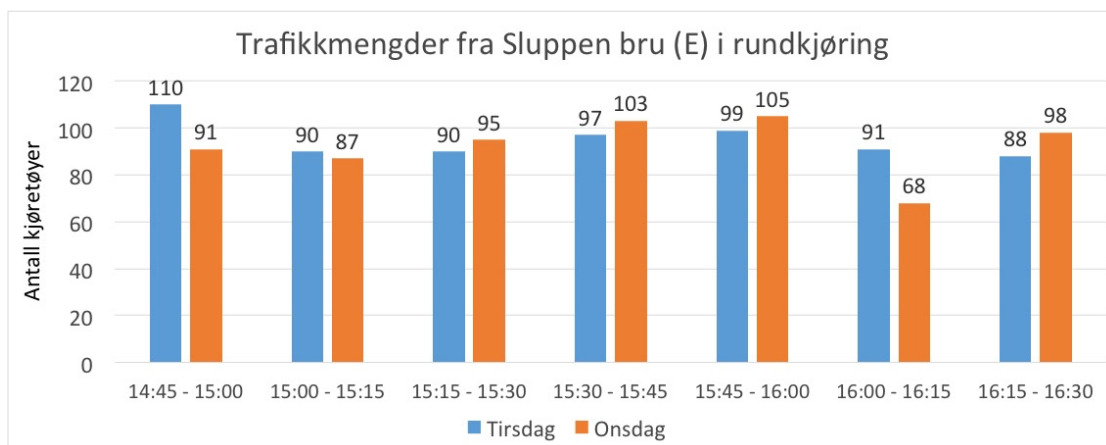
Diagrammene på figurene 3.18, 3.19 og 3.20 viser hvor store trafikkmengder fra henholdsvis Sluppenvegen (C), Tempevegen (D) og Sluppen bru (E) som ble registrert i løpet av hvert 15. minutt i perioden fra 14:45 til 16:30 for begge registreringsdagene. Det fremgår at trafikkmengdene på begge dagene varierte etter et forholdsvis tilsvarende mønster .



Figur 3.18: Trafikkmengder fra Sluppenvegen (C) i rundkjøring



Figur 3.19: Trafikkmengder fra Tempevegen (D) i rundkjøring



Figur 3.20: Trafikkmengder fra Sluppen bru (E) i rundkjøring

Tabellene 3.6, 3.7 og 3.8 viser registrerte fordelinger mellom lette og tunge kjøretøy i trafikstrømmene fra henholdsvis Sluppenvegen (C), Tempevegen (D) og Sluppen bru (E) for begge dagene. Det fremgår også hvor mange kjøretøy som ble talt i hver kjøretøyklasse.

Tabell 3.6: Fordeling av lette og tunge kjøretøy fra Sluppenvegen (C) i rundkjøring i perioden 14:45 - 16:30

	Lette kjøretøy	Tunge kjøretøy
Tirsdag 3. mars	97% (817)	3% (21)
Onsdag 4. mars	97% (830)	3% (29)

Tabell 3.7: Fordeling av lette og tunge kjøretøy fra Tempevegen (D) i rundkjøring i perioden 14:45 - 16:30

	Lette kjøretøy	Tunge kjøretøy
Tirsdag 3. mars	97% (530)	3% (14)
Onsdag 4. mars	96% (520)	4% (23)

Tabell 3.8: Fordeling av lette og tunge kjøretøy fra Sluppen bru (E) i rundkjøring i perioden 14:45 - 16:30

	Lette kjøretøy	Tunge kjøretøy
Tirsdag 3. mars	98% (652)	2% (13)
Onsdag 4. mars	94% (607)	6% (40)

Tabellene 3.9, 3.10 og 3.11 viser hvordan trafikkmengdene fra de ulike tilfartene i rundkjøringen fordeles på ulike svingebevegelser. Her er det også angitt hvor mange kjøretøy som svinger av til parkeringsplassen til brannstasjonen.

Tabell 3.9: Svingebevegelser i rundkjøring fra Sluppenveien (C) i perioden 14:45 - 16:30

	Til Sluppenveien (C)	Til Tempeveien (D)	Til Sluppen bru (E)	Til brannst.
Tirsdag	1% (6)	8% (71)	91% (761)	0% (0)
Onsdag	1% (10)	11% (97)	87% (746)	1% (6)

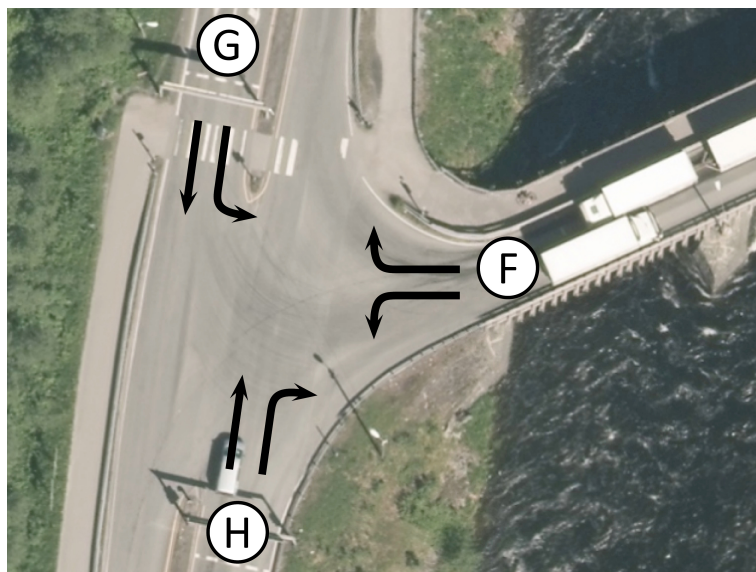
Tabell 3.10: Svingebevegelser i rundkjøring fra Tempeveien (D) i perioden 14:45 - 16:30

	Til Sluppenveien (C)	Til Tempeveien (D)	Til Sluppen bru (E)	Til brannst.
Tirsdag	34% (184)	0% (2)	65% (354)	1% (4)
Onsdag	38% (205)	0% (2)	62% (325)	0% (1)

Tabell 3.11: Svingebevegelser i rundkjøring fra Sluppen bru (E) i perioden 14:45 - 16:30

	Til Sluppenveien (C)	Til Tempeveien (D)	Til Sluppen bru (E)	Til brannst.
Tirsdag	80% (535)	19% (124)	0% (0)	1% (6)
Onsdag	80% (515)	20% (128)	0% (0)	1% (4)

3.3.3.3 Signalregulert kryss



Figur 3.21: Registrerte trafikstrømmer i signalregulert kryss

Figur 3.21 viser hvilke trafikkstrømmer som ble registrert gjennom lyskrysset. Under registreringsperiodene oppstod det flere ganger problemer ved at kameraet som filmet lyskrysset plutselig skrudde seg av, slik at opptaket ble avsluttet. Av denne grunn har det blitt registrert færre trafikkdata for lyskrysset enn for T-krysset og rundkjøringen. På tirsdag 3. mars ble det nesten ikke utført opptak i lyskrysset i det hele tatt. På onsdag 4. mars ble det utført opptak i periodene 14:45 - 15:30 og 16:10 - 16:40, mens det manglet opptak for perioden 15:30 - 16:10.

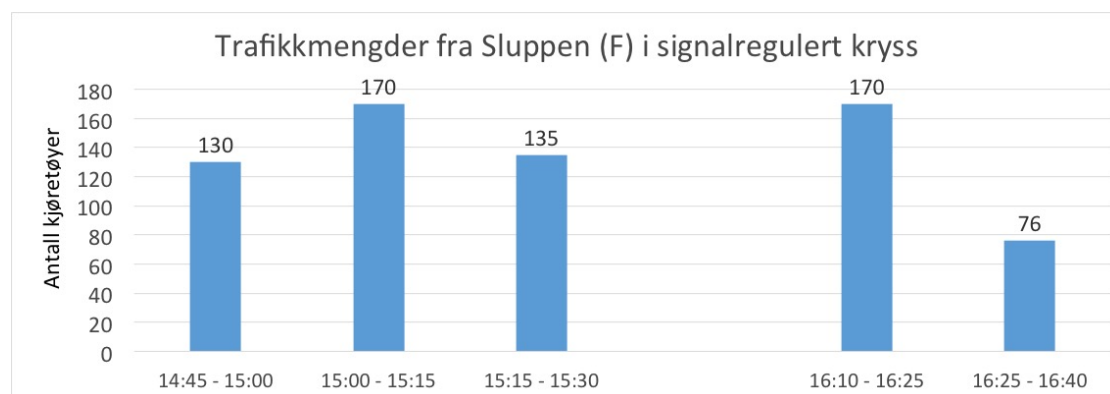
For lyskrysset er det derfor kun blitt registrert trafikkdata for onsdag 4. mars i periodene 14:45 - 15:30 og 16:10 - 16:40. Det ble vurdert om det skulle utføres nye opptak i lyskrysset for å få et større datagrunnlag, men det ble besluttet at dette ikke var nødvendig. De eksisterende opptakene ble ansett som tilstrekkelige for å få en god oversikt over avviklingsforholdene i lyskrysset, både i og utenfor rushtiden. Og ettersom lyskrysset er plassert nedstrøms for rundkjøringen, kunne den viktigste informasjonen om trafikk inn og ut av lyskrysset avledes fra de registrerte trafikkmengdene i rundkjøringen.

Tabell 3.12 viser totalt antall kjøretøyer som ble registrert gjennom krysset i periodene 14:45 - 15:30 og 16:10 - 16:40 på onsdag 4. mars.

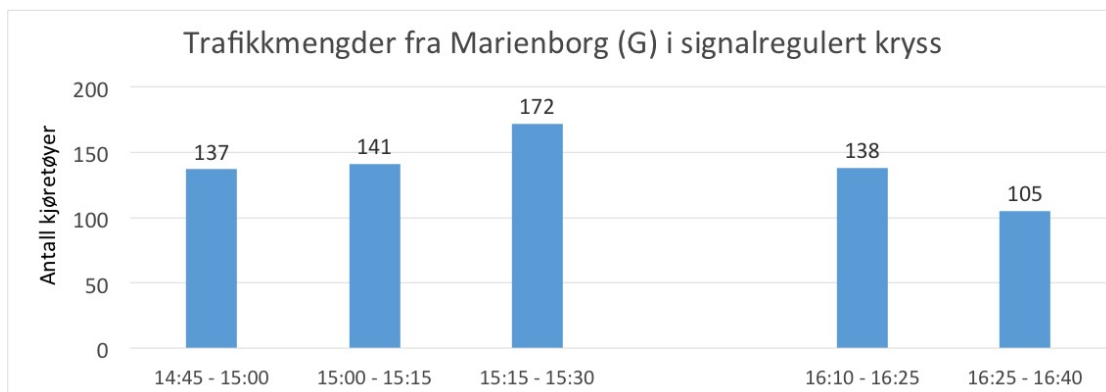
Tabell 3.12: Totale trafikkmengder registrert i lyskryss

Periode	Fra Sluppen (F)	Fra Marienborg (G)	Fra Romolslia (H)
14:45-15:30	435	450	241
16:10-16:40	339	163	243

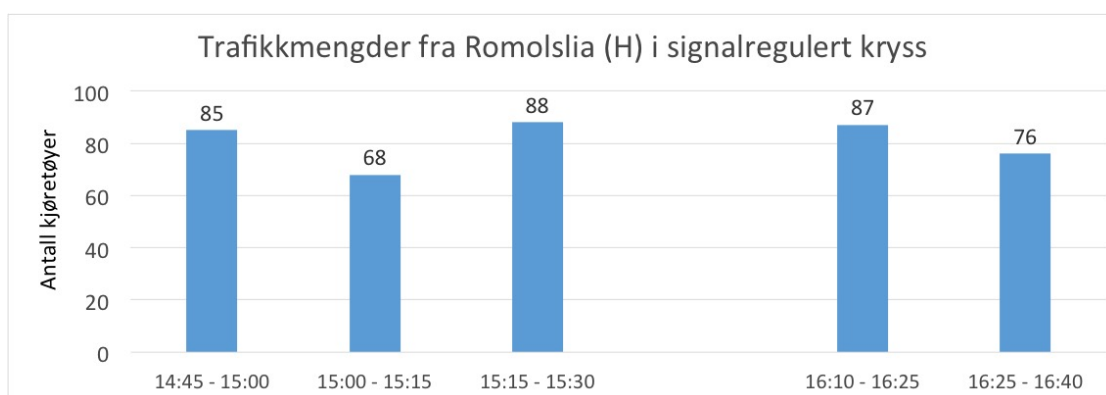
Diagrammene på figurene 3.22, 3.23 og 3.24 viser hvor store trafikkmengder fra henholdsvis Sluppen (F), Marienborg (G) og Romolslia (H) som ble registrert i løpet av hvert 15. minutt i periodene 14:45 - 15:30 og 16:10 - 16:40 på onsdag 4. mars.



Figur 3.22: Trafikkmengder fra Sluppen (F) i lyskryss



Figur 3.23: Trafikkmengder fra Marienborg (G) i lyskryss



Figur 3.24: Trafikkmengder fra Romolslia (H) i lyskryss

Tabellene 3.13, 3.14 og 3.15 viser hvordan de registrerte trafikkmengdene fra de ulike tilfartene i lyskrysset fordeles på ulike svingebevegelser.

Tabell 3.13: Svingebevegelser i lyskryss fra Sluppen (F)

	Til Marienborg (G)	Til Romolslia (H)
Onsdag 4. mars	36% (275)	64% (499)

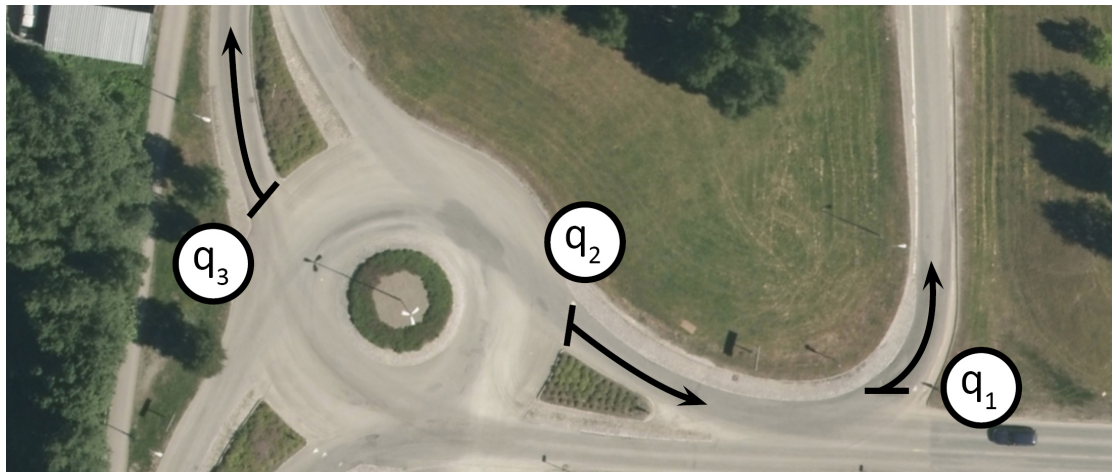
Tabell 3.14: Svingebevegelser i lyskryss fra Marienborg (G)

	Til Sluppen (F)	Til Romolslia (H)
Onsdag 4. mars	41% (283)	59% (410)

Tabell 3.15: Svingebevegelser i lyskryss fra Romolslia (H)

	Til Sluppen (F)	Til Marienborg (G)
Onsdag 4. mars	36% (144)	64% (260)

3.3.4 Registrerte kølengder

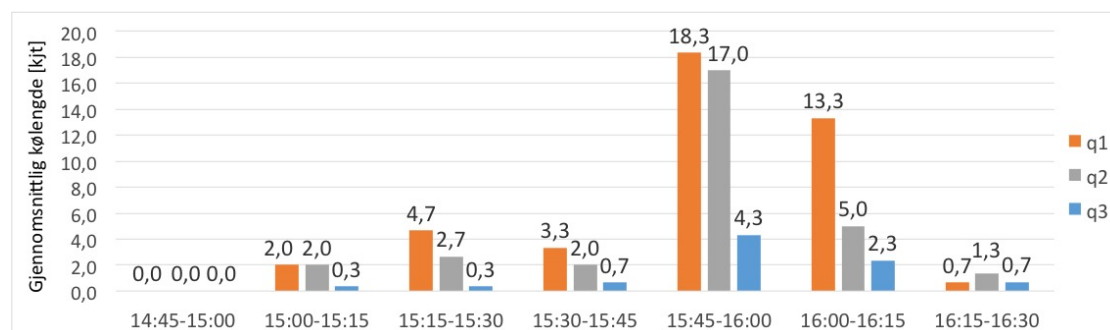


Figur 3.25: Registrerte kølengder

Det ble registrert kølengder bak tilfartene i T-krysset og rundkjøringen som vist på figur 3.25. Kølengdene ble registrert som antall kjøretøyer som ventet i kø bak vikelinjene på de tre krysstilfartene. Tabell 3.16 og figur 3.26 viser gjennomsnittlige kølengder for hvert 15. minutt i perioden fra 14:45 til 16:30 på tirsdag 3. mars.

Tabell 3.16: Gjennomsnittlige kølengder på tirsdag 3. mars

	Avkjøringsrampe (q_1) [kjt]	Sluppenvegen (q_2) [kjt]	Tempevegen (q_3) [kjt]
14:45 - 15:00	0	0	0
15:00 - 15:15	2	2	0,3
15:15 - 15:30	4,7	2,7	0,7
15:30 - 15:45	3,3	2	4,3
15:45 - 16:00	18,3	17	2,3
16:00 - 16:15	13,3	5	2,3
16:15 - 16:30	0,7	1,3	0,7

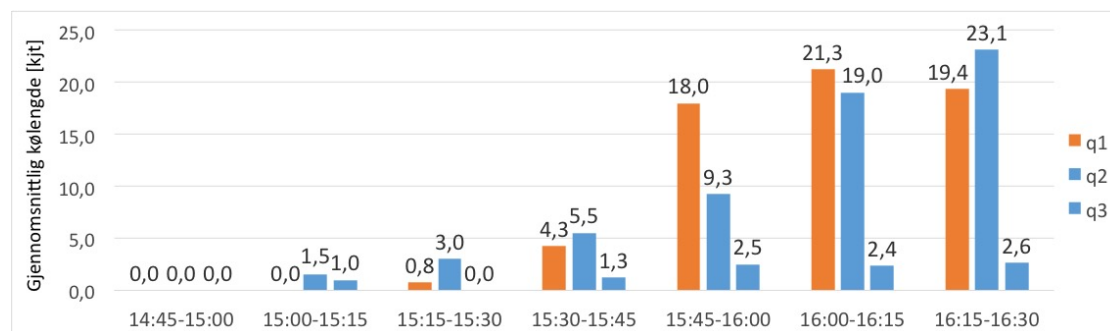


Figur 3.26: Gjennomsnittlige kølengder på tirsdag 3. mars

Tabell 3.17 og figur 3.27 viser gjennomsnittlige kølengder for hvert 15. minutt i perioden fra 14:45 til 16:30 på onsdag 4. mars.

Tabell 3.17: Gjennomsnittlige kølengder på onsdag 4. mars

	Avkjøringsrampe (q_1) [kjt]	Sluppenvegen (q_2) [kjt]	Tempevegen (q_3) [kjt]
14:45 - 15:00	0	0	0
15:00 - 15:15	0	1,5	1,0
15:15 - 15:30	0,8	3,0	0
15:30 - 15:45	4,3	5,5	1,3
15:45 - 16:00	18,0	9,3	2,5
16:00 - 16:15	21,3	19,0	2,4
16:15 - 16:30	19,4	23,1	2,6



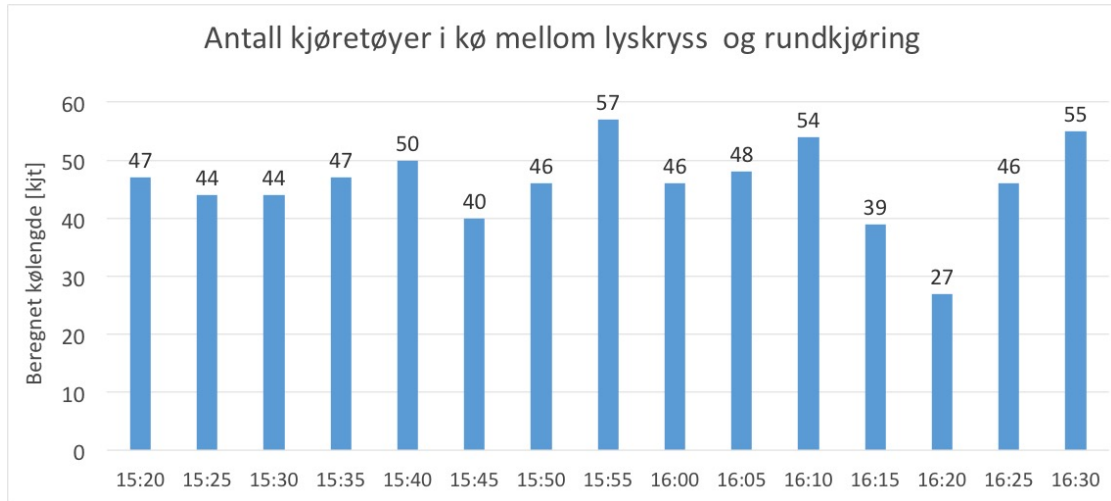
Figur 3.27: Gjennomsnittlige kølengder på onsdag 4. mars

De registrerte kølengdene viser at det oppstår store kødannelser og forsinkelser på tilfartene fra Sluppenvegen og E6 Omkjøringsveien, mens dette ikke er et stort problem for tilfarten fra Tempevegen. Dette stemmer overens med observasjonene som ble beskrevet i kapittel 3.3.2.

I lyskrysset ble det observert store kødannelser bak alle tilfartene. I mesteparten av registreringsperiodene var det imidlertid ikke mulig å registrere disse kølengdene direkte, ettersom køene strakk seg utenfor synsfeltet til kameraet ved Sluppen bru. I tillegg manglet det videoopptak fra Sluppen bru i store deler av registreringsperiodene.

Det ble imidlertid beregnet estimater på hvor mange kjøretøyer som stod i kø mellom tilfarten fra Sluppen i lyskrysset og rundkjøringen oppstrøms i perioden fra klokken 15:20 til 16:30 på onsdag 4. mars. Estimaten ble beregnet basert på tellinger av antall kjøretøyer mellom Sluppen bru og rundkjøringen samt registrerte trafikkmengder ut fra rundkjøringen i retning mot Sluppen bru. I vedlegg B gis en grundigere beskrivelse av hvordan disse beregningene ble utført.

Figur 3.28 viser beregnede estimater på antall kjøretøyer som stod i kø mellom tilfarten fra Sluppen i lyskrysset og rundkjøringen oppstrøms for hvert femte minutt i perioden fra klokken 15:20 til 16:30 på onsdag 4. mars.



Figur 3.28: Beregnet antall kjøretøyer i kø mellom lyskryss og rundkjøring

3.3.5 Registrerte reisetider



Figur 3.29: Soneinndeling for reisetidsregistrering

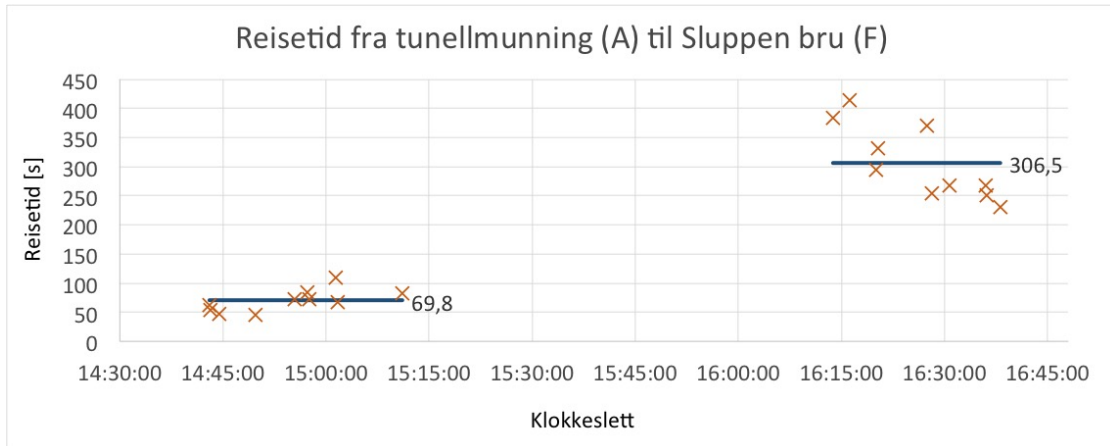
Reisetid gjennom nettverket ble registrert ved å synkronisere opptakene fra de to videokameraene, for deretter å velge ut enkelte kjøretøy og registrere hvor lang tid de brukte på å kjøre gjennom nettverket. Registreringene ble utført basert på videoopptakene fra onsdag 4. mars.

Det var kun mulig å utføre reisetidsregistreringer for deler av registreringsperioden ettersom det i flere perioder manglet videoopptak fra Sluppen bru. Likevel var det mulig å utføre reisetidsregistreringer både i og utenfor rushtiden. Det ble valgt å registrere reisetider for følgende reiseruter:

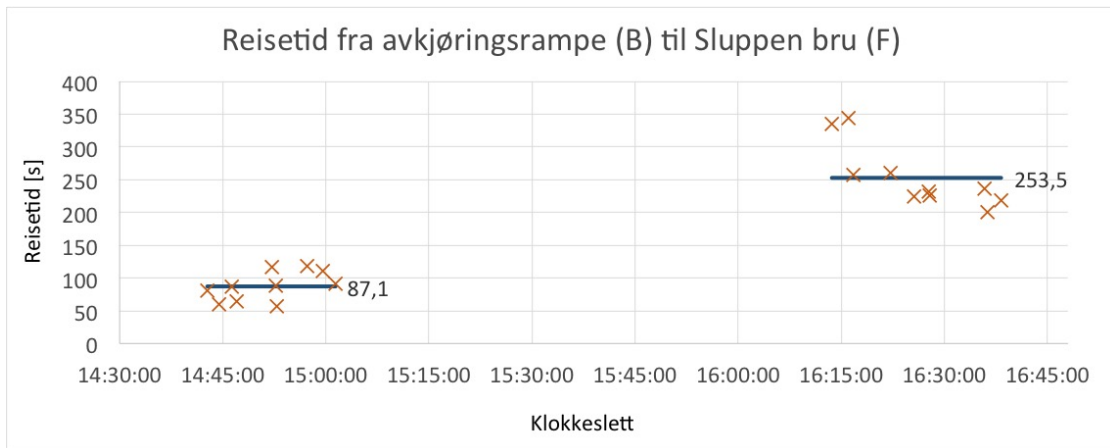
- Fra munning på tunellundergang (A) til utgang av lyskryss (F)
- Fra vikelinje på avkjøringsrampe (B) til utgang av lyskryss (F)
- Fra vikelinje på tilfart fra Tempeveien i rundkjøring (C) til utgang av lyskryss (F)

Reisetidene ble målt fra og med kjøretøyene passerte startpunktet på reiseruten og frem til kjøretøyene forlot lyskrysset. Utvelgelsen av kjøretøyer til bruk i registreringene ble gjort med utgangspunkt i at kjøretøyene skulle være mest mulig representative for trafikkstrømmen i nettverket. Videre ble det lagt vekt på at kjøretøyene skulle være lett gjenkjennelige slik at de enkelt kunne identifiseres på begge videoopptakene.

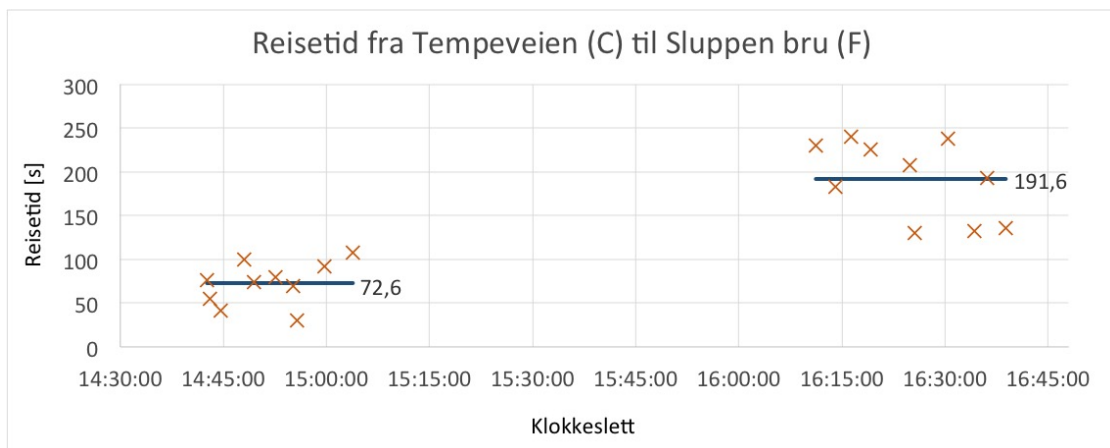
Det ble registrert reisetider for 20 kjøretøy på hver reiserute, hvorav 10 ble registrert i rushtiden og 10 utenfor rushtid. Figurene 3.30, 3.31 og 3.32 viser alle reisetidene som ble registrert i felt for de tre reiserutene. Figurene viser også gjennomsnittlige reisetider i og utenfor rushtiden.



Figur 3.30: Registrerte reisetider fra tunellmunning (A) til Sluppen bru (F)



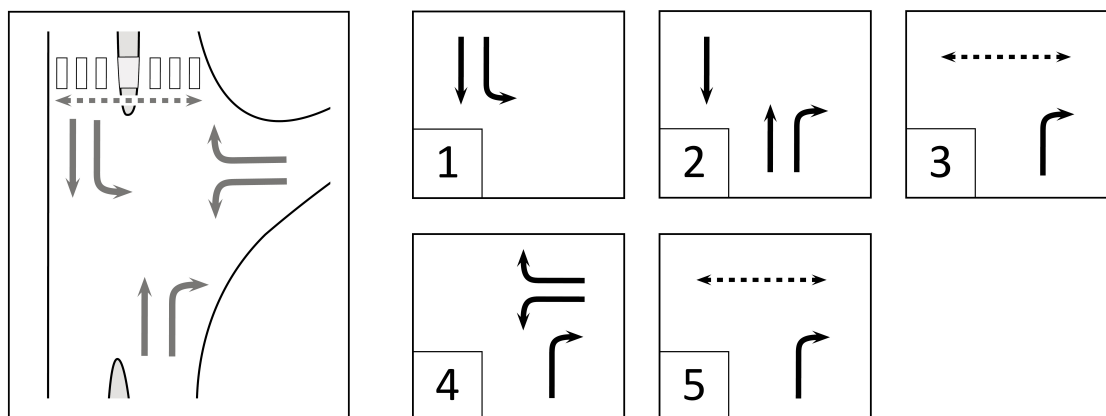
Figur 3.31: Registrerte reisetider fra avkjøringsrampe (B) til Sluppen bru (F)



Figur 3.32: Registrerte reisetider fra Tempeveien (C) til Sluppen bru (F)

3.3.6 Faseplan for signalanlegg

Det ble foretatt observasjoner av trafikkavviklingen i lyskrysset for å kartlegge faseplanen til signalanlegget. Basert på disse observasjonene ble det funnet at signalanlegget typisk følger en faseplan som vist på figur 3.33.



Figur 3.33: Faseplan for signalanlegget

Videre ble det utført målinger av varigheten på de ulike fasene i faseplanen ved å observere trafikkavviklingen i lyskrysset gjennom en rekke omløp. Tabell 3.18 viser typiske varigheter for hver fase i signalanlegget. Her fremgår også hvor stor andel hver av fasene utgjør av signalanleggets omløpstid.

Tabell 3.18: Typiske varigheter for de ulike fasene i signalanlegget

	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5	Omløpstid
Varighet	33 s	30 s	17 s	70 s	20 s	170 s
Andel av omløpstid	19 %	18 %	10 %	41 %	12 %	100 %

Hver fase inkluderer en gjennomsnittlig gultid på 3 sekunder og en helrødtid på 2 sekunder.

Ettersom signalanlegget er trafikkstyrt var det en viss variasjon i varighet for de ulike fasene i omløpene som ble observert. Variasjonene var imidlertid ikke større enn at verdiene i tabell 3.18 anses å være tilstrekkelige som grunnlag for trafikkmodelleringene.

4 Kapittel 4

4 Modelling av studieområdet

I dette kapittelet gis en presentasjon av hvordan trafikksituasjonen i studieområdet ble modellert i SIDRA INTERSECTION 6.1 og AIMSUN 8.1. Det vil først bli gitt en gjennomgang av modelleringen i de to programmene hver for seg. Deretter vil det bli gjennomført en sammenligning hvor modellene blir vurdert mot hverandre.

4.1 Modelling i SIDRA INTERSECTION 6.1

I det følgende vil det bli beskrevet hvordan trafikksituasjonen i studieområdet ble modellert ved bruk av SIDRA INTERSECTION 6.1. Det vil bli gjennomgått hvordan trafikkmodellen ble bygget opp, hvilke inngangsdata som ble nyttet, hvordan modellen ble kalibrert mot observerte forhold og hvilke resultater som ble oppnådd. Det vil bli lagt særlig vekt på å synliggjøre muligheter og begrensninger i den nye nettverksmodellen, slik at det gis et grunnlag for å vurdere denne senere i oppgaven.

Da det ikke ble registrert trafikkdata fra lyskrysset på tirsdag 3. mars ble det besluttet å utføre modelleringen kun med utgangspunkt i trafikkregistreringene fra onsdag 4. mars. Som vist i kapittel 3.3.3 var det imidlertid god overensstemmelse mellom registreringene fra de to dagene, slik at dette ikke anses som noen vesentlig svakhet. Videre ble det besluttet å begrense modelleringsperioden til kun å omfatte rushtidsperioden fra klokken 15:30 til 16:30. I utgangspunktet var det ønskelig å også modellere periodene før og etter rushtiden, men dette viste seg å være vanskelig av flere årsaker;

For det første fulgte trafikantene et annet atferdsmønster i rushtidsperioden enn ellers ved at de utførte flettekjøring i kryssområdene. For å ta hensyn til dette måtte det utføres justeringer av vikepliktbestemmelsene for kryssene i trafikkmodellen. Dersom den samme trafikkmodellen hadde vært nyttet til å modellere trafikkavviklingen også utenfor rushtid ville dette gitt feilaktige resultater. Som vist i kapittel 3.3.4 var det heller ikke mulig å innhente informasjon om kølengder i lyskrysset for andre perioder enn i rushtiden. Dermed manglet også nødvendig informasjon for å kunne kalibrere modellen for lyskrysset i periodene utenfor rushtiden.

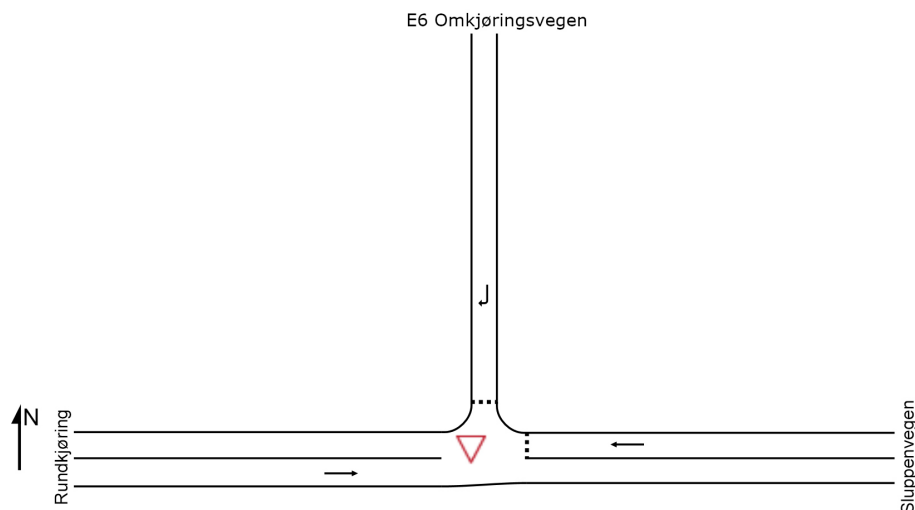
Til denne oppgavens formål anses det imidlertid å være tilstrekkelig å modellere trafikkavviklingen i rushtidsperioden, ettersom det primært var i denne perioden det oppstod tilbakeblokkering og andre nettverkseffekter som det vil være interessant å forsøke å modellere.

4.1.1 Modell av studieområdet

I dette kapitlet gis en presentasjon av nettverksmodellen som ble brukt til modellering av trafikksituasjonen i studieområdet. Som nevnt i kapittel 2.2.1 utføres nettverksmodellering i SIDRA INTERSECTION 6.1 ved at man først lager modeller av de ulike kryssene som inngår i nettverket. Deretter kobles de ulike kryssmodellene sammen for å danne en nettverksmodell. I det følgende vil det først bli gitt en presentasjon av modellene som ble laget for hvert av kryssene i nettverket. Deretter vil modellen for hele nettverket vil bli presentert.

4.1.1.1 Modell av vikepliktregulert kryss

Figur 4.1 viser utformingen til modellen for det vikepliktregulerte krysset i SIDRA INTERSECTION 6.1. Utformingen ble spesifisert basert geometrimålingene i krysset, som vist på figur 3.4.



Figur 4.1: Modell av vikepliktregulert kryss i SIDRA INTERSECTION 6.1

Det ble valgt å ikke inkludere breddeutvidelsene for tungkjøretøy i kjørefeltbreddene i modellen, da det ble observert at denne delen av vegbanen nesten aldri ble benyttet av kjøretøyene som kjørte gjennom krysset.

For å ta hensyn til at kjøretøyene i krysset samarbeidet og utførte flettekjøring, ble det angitt spesielle vikepliktbestemmelser i modellen av dette krysset. I stedet for å angi at kjøretøyer fra avkjøringsrampen har vikeplikt for kjøretøyene fra Sluppenvegen, ble det angitt at kjøretøyene fra begge tilfartene har vikeplikt for hverandre. I følge Wanty (2011) vil dette medføre at kjøretøyene fra de to tilfartene deler på å ha prioritet gjennom krysset og vil således etterligne flettekjøringssituasjonen.

Tabell 4.1 oppsummerer hvilke parameterverdier som ble benyttet som utgangspunkt i modellen. For parametere som ikke er omtalt i tabellen ble standardverdiene i programmet benyttet.

Tabell 4.1: *Parameterverdier for modellering av vikepliktregulert kryss*

Vindu	Parameter	Sluppenvn.	E6 Omkj.vn.	Fra rundkjøring
Intersection	Approach Distance	500,0 m	500,0 m	30,0 m
Lane Geometry	Lane width	3,80 m	3,80 m	4,20 m
	Grade	0,0 %	0,0 %	0,0 %
	Lane length	500,0 m	500,0 m	30,0 m
Lane Data	Basic Saturation Flow	1950 tcu/h	NA	1950 tcu/h
Pedestrians	Main Crossing	None	None	None
Volumes	Unit Time for Volumes	60 min	60 min	60 min
	Peak Flow Period	15 min	15 min	15 min
Gap Acceptance	Critical Gap	6,50 s	5,00 s	-
	Follow-Up Headway	3,50 s	3,00 s	-
	Minimum Departures	0,1 veh/min	0,1 veh/min	-
V. Movement Data	Approach Cruise Speed	60 km/h	60 km/h	60 km/h
	Exit Cruise Speed	60 km/h	60 km/h	60 km/h

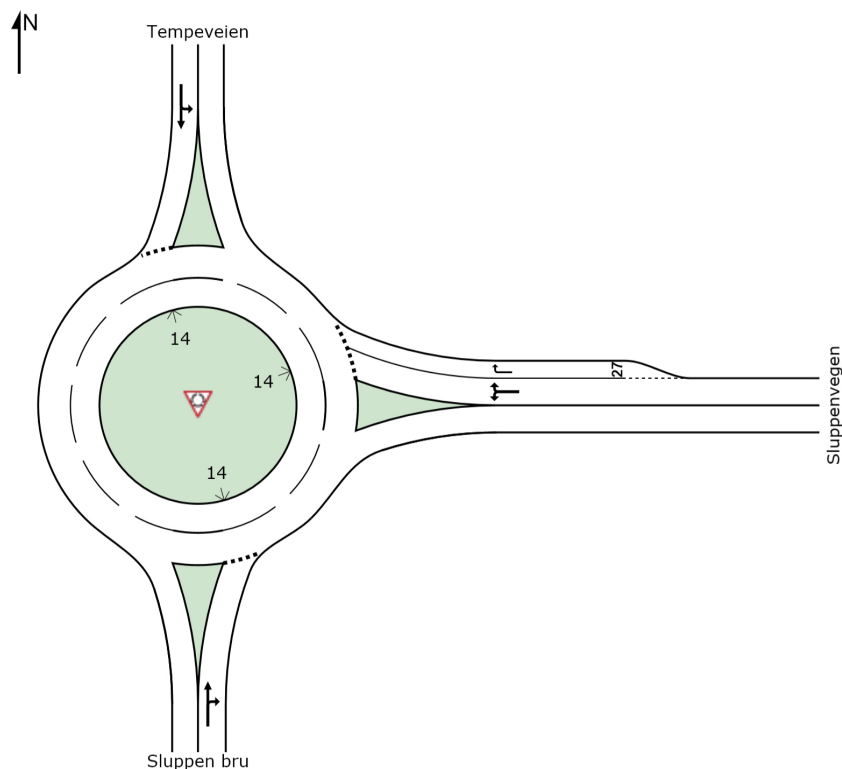
Av tabell 4.1 fremgår det at standardverdien for parameteren «Minimum Departures» på 0,1 veh/min ble brukt både for tilfarten fra Sluppenvegen og tilfarten fra E6 Omkjøringsvegen. Som nevnt i kapittel 2.2.3.8 vil dette vanligvis være en urealistisk lav verdi. I denne oppgaven ble det imidlertid valgt å ikke utføre noen justeringer av denne parameteren, da de angitte vikepliktinnstillingene vil gjøre at de to tilfartene deler på å ha prioritet i krysset. Dermed vil ingen av tilfartene bli totalt hindret av trafikk fra den

andre tilfarten, og parameteren vil således ikke spille en vesentlig rolle i modelleringene i denne oppgaven.

I alle kryssmodellene ble friflythastighetene i vinduet «Vehicle Movement Data» satt lik fartsgrensene på de aktuelle veglenkene i nettverket. I praksis vil fartsnivået på disse lenkene ofte være lavere enn dette, da kjøretøyene ikke vil ha anledning til å akselerere opp til fartsgrensen grunnet lenkenes korte utstrekning. Dette medfører at modellen antageligvis vil beregne noe feilaktige verdier for geometriske forsinkelser gjennom kryssene i nettverket. Dette anses imidlertid ikke å ha vesentlig betydning for denne oppgaven, da den geometriske forsinkelsen ikke vil bli vurdert i noen av analysene.

4.1.1.2 Modell av rundkjøring

Figur 4.2 viser utformingen til modellen av rundkjøringen i SIDRA INTERSECTION 6.1. Utformingen ble spesifisert basert geometrimålingene i krysset, som vist på figur 3.6.



Figur 4.2: Modell av rundkjøring i SIDRA INTERSECTION 6.1

Som nevnt i kapittel 3.3.2 ble det under rushperioden observert at mange av trafikantene fra Sluppenveien som skulle svinge til høyre i rundkjøringen valgte å kjøre på utsiden av køen ved å bruke breddeutvidelsen for tungtrafikk som et ekstra kjørefelt. For å ta hensyn til dette under modelleringen ble det inkludert et kort kjørefelt på tilfarten fra

Sluppenvegen som skal tilsvare breddeutvidelsen for tungtrafikk. Da det av plasshensyn kun er små kjøretøyer som vil ha mulighet til å kjøre for denne måten ble det korte kjørefeltet spesifisert til bare å kunne brukes av lette kjøretøyer.

Parameteren «Environment Factor» ble satt lik 1,10 for alle tilfarter i rundkjøringen, da dette er en verdi som er funnet å gi realistiske modelleringsresultater for norske forhold (Myre 2010).

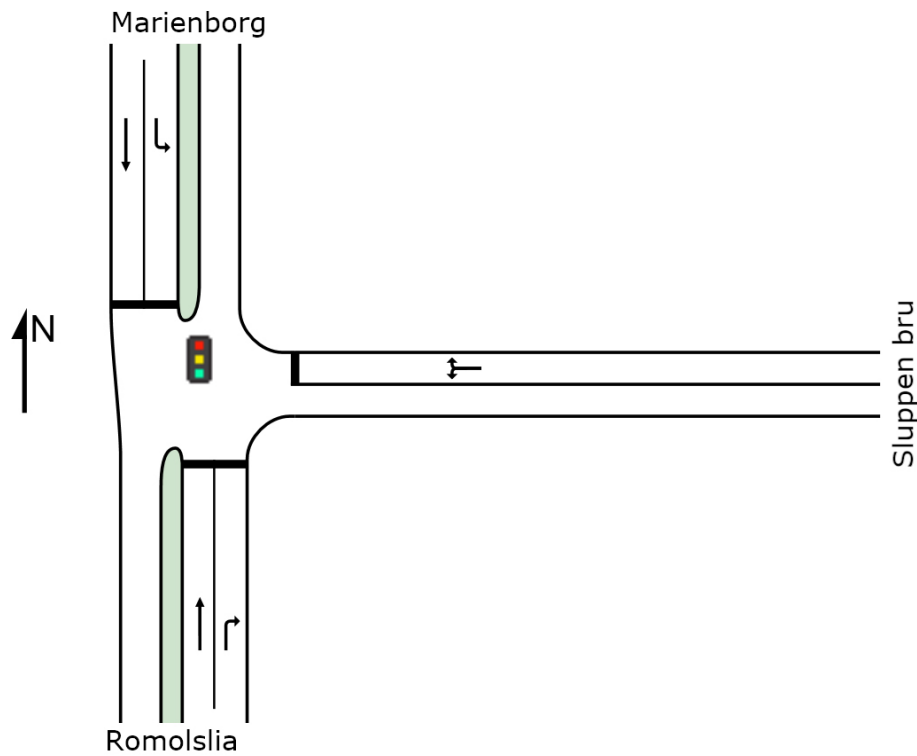
Tabell 4.2 oppsummerer hvilke parameterverdier som ble benyttet som utgangspunkt i modellen før kalibrering. For parametere som ikke er omtalt i tabellen er standardverdiene i programmet benyttet.

Tabell 4.2: *Parameterverdier for modellering av rundkjøring*

Vindu	Parameter	Tempevegen	Sluppenvegen	Sluppen Bru
Intersection	Approach Distance	500,0 m	30,0 m	383,0 m
Lane Geometry	Lane width	4,00 m	4,20 m / 2,70 m	4,30 m
	Grade	0,0 %	0,0 %	0,0 %
	Lane length	500,0 m	30,0 m	383,0 m
Roundabouts	No. of Circ Lanes	2	2	2
	Circulating Width	11,5 m	10,3 m	11,0 m
	Island Diameter	14,0 m	14,0 m	14,0 m
	Entry Radius	25,0 m	25,0 m	25,0 m
	Entry Angle	41,2°	47,1°	22,8°
	Environment Factor	1,10	1,10	1,10
	Entry/Circ Flow Adj.	Medium	Medium	Medium
Pedestrians	Main Crossing	None	None	None
Volumes	Unit Time for Volumes	60 min	60 min	60 min
	Peak Flow Period	15 min	15 min	15 min
Gap Acceptance	Minimum Departures	2,5 veh/min	2,5 veh/min	2,5 veh/min
V. Movement Data	Approach Cruise Speed	50 km/h	60 km/h	60 km/h
	Exit Cruise Speed	60 km/h	60 km/h	60 km/h

4.1.1.3 Modell av signalregulert kryss

Figur 4.3 viser utformingen til modellen for det signalregulerte krysset i SIDRA INTERSECTION 6.1. Utformingen ble spesifisert basert geometrimålingene i krysset, som vist på figur 3.7.



Figur 4.3: Modell av signalregulert kryss i SIDRA INTERSECTION 6.1

Lyskrysset ble definert med en fast faseplan som angitt i kapittel 3.3.6. Dette er som tidligere nevnt en forenkling av virkeligheten da lyskrysset egentlig er trafikkstyrt, men antas å være tilstrekkelig nøyaktig for denne oppgavens formål.

Som nevnt i kapittel 3.3.2. ble det observert at metningsvolumet på tilfarten fra Sluppen bru i lyskrysset virket å være lavt som følge av at kjøretøyene måtte holde lave hastigheter i krysset. For å ta hensyn til dette ble det spesifisert en noe lavere verdi for metningsvolum for tilfarten fra Sluppen bru enn for de øvrige tilfartene i lyskrysset.

Tabell 4.3 oppsummerer hvilke parameterverdier som ble benyttet som utgangspunkt i modellen. For parametere som ikke er omtalt i tabellen er standardverdiene i programmet benyttet.

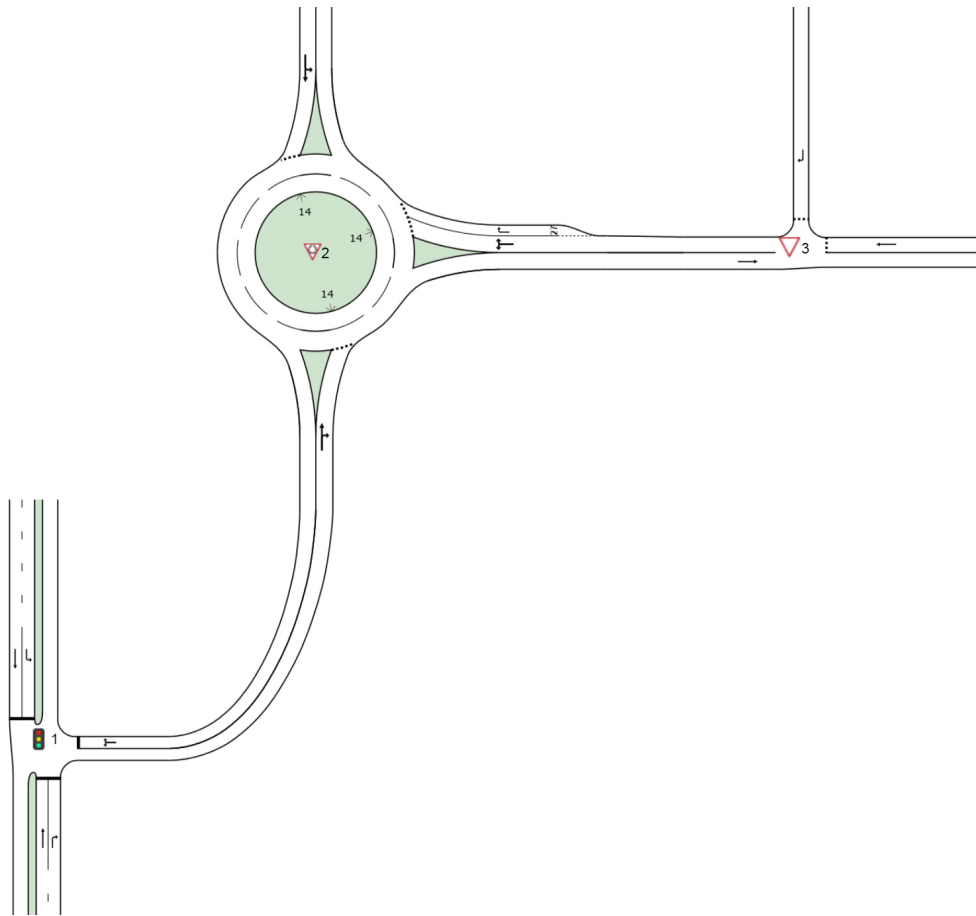
Tabell 4.3: *Parameterverdier for modellering av signalregulert kryss*

Vindu	Parameter	Romolslia	Sluppen	Marienburg
Intersection	Approach Distance	500,0 m	383,0 m	500,0 m
	Area type factor	1,0	1,0	1,0
Lane Geometry	Lane width	3,00 m / 3,10m	3,00 m	3,20 m / 3,10m
	Grade	0,0 %	0,0 %	0,0 %
	Lane length	500,0 m	383,0 m	500,0 m
Lane Data	Basic Saturation Flow	1950 tcu/h	1500 tcu/h	1950 tcu/h
Pedestrians	Main Crossing	None	None	None
Volumes	Unit Time for Volumes	60 min	60 min	60 min
	Peak Flow Period	15 min	15 min	15 min
Gap Acceptance	Critical Gap	-	-	4,50 (venstre)
	Follow-Up Headway	-	-	2,60 (venstre)
	End Departures	-	-	2,2 veh
V. Movement Data	Approach Cruise Speed	60 km/h	60 km/h	60 km/h
	Exit Cruise Speed	60 km/h	60 km/h	60 km/h

4.1.1.4 Nettverksmodell

Figur 4.4 viser utformingen til nettverksmodellen i SIDRA INTERSECTION 6.1. Merk at den grafiske fremstillingen på figuren er produsert av programmet kun på grunnlag av hvordan de tre kryssene ble plassert i forhold til hverandre ved sammenkobling til et nettverk i vinduet «Network Configuration». Figuren gjenspeiler således ikke nettverksgeometrien som vil bli nyttet av programmet som beregningsgrunnlag under modelleringen.

SIDRA INTERSECTION gir i det hele tatt brukeren få muligheter til å spesifisere et nettverks geometri på andre steder enn i kryssområdene. Avstandene mellom hvert kryss i nettverket blir bestemt på grunnlag av de angitte verdiene for parameteren «Approach Distance» for tilfartene i de ulike kryssene. Brukeren har imidlertid ingen muligheter til å spesifisere andre geometriske forhold for lenkene mellom kryssene. Dermed var det ikke mulig å tilpasse utformingen til disse delene av nettverket basert på geometrimålingene fra kapittel 3.2.



Figur 4.4: Nettverksmodell i SIDRA INTERSECTION 6.1

Tabell 4.4 oppsummerer hvilke parameterverdier som ble benyttet som utgangspunkt i nettverksmodellen. For parametere som ikke er omtalt i tabellen er standardverdiene i programmet benyttet.

Tabell 4.4: Parameterverdier for nettverksmodell

Vindu	Parameter	Verdi
Network Data	Desired Speed	60 km/h
	Lower limit of Speed Efficiency	0,1
	Maximum number of iterations	10
	Stopping dx%	1,0 %

4.1.2 Beregning av inngangsdata til trafikkmodellen

Det ble beregnet verdier for etterspørsel, tungtrafikkandeler og «Peak Flow Factor» for hver svingebevegelse i kryssene som inngår i nettverket, for bruk som inngangsdata i nettverksmodellen. I det følgende vil det først bli gitt en gjennomgang av hvordan disse verdiene ble beregnet. Deretter vil de beregnede verdiene for trafikksituasjonen i studieområdet bli presentert.

4.1.2.1 Etterspørsel

For å kunne modellere trafikksituasjonen i studieområdet var det nødvendig å vite hvor mange kjøretøy som etterspurte å bruke de ulike delene av nettverket i løpet av modelleringsperioden.

I perioder med flyt i trafikkavviklingen vil etterspørselen være lik antallet kjøretøyer som blir avviklet i løpet av perioden. Derimot kan etterspørselen være ulik fra antallet kjøretøy som blir avviklet i perioder med mettede og overmettede trafikkforhold. Det kan da oppstå kødannelser bak tilfartene hvor man har metning, og de registrerte trafikkmengdene som går gjennom krysset vil være et uttrykk for tilfartens kapasitet, og ikke lik antallet kjøretøyer som etterspør å bruke tilfarten i løpet av perioden.

For å beregne etterspørsel i perioder med mettede og overmettede trafikkforhold må de registrerte trafikkmengdene sammenholdes med registrerte kølengder fra samme periode (Vejdirektoratet 2010). Dersom A er en tidsperiode hvor det er mettede trafikkforhold og kødannelser bak en gitt tilfart, N_A er antall kjøretøy som blir avviklet i tilfarten i løpet av perioden, q_{A1} er kølengden bak tilfarten ved periodens start og q_{A2} er kølengden bak tilfarten ved periodens slutt, vil etterspørselen Q_A for tilfarten i løpet av perioden A være gitt ved relasjonen:

$$Q_A = N_A + q_{A2} - q_{A1} = N_A + \Delta q_A$$

Med andre ord finnes etterspørselen som antall avviklede kjøretøy pluss endring i kølengde i løpet av perioden.

I perioden fra 15:30 til 16:30 var stort sett mettede forhold med kødannelser bak tilfartene i de tre kryssene i nettverket. Dermed måtte de registrerte trafikkmengdene fra kapittel 3.3.3 justeres med de registrerte kølengdene fra kapittel 3.3.4 for å finne etterspørselen.

I vedlegg C gis en grundigere beskrivelse av hvordan etterspørselen ble beregnet for hver av tilfartene i de tre kryssene i nettverket.

4.1.2.2 Tungtrafikkandeler

Tungtrafikkandeler til bruk i trafikkmodellen ble bestemt på grunnlag av de registrerte tungtrafikkandelene fra onsdag 4. mars i kapittel 3.3.3. For tilfarter hvor ikke ble utført registreringer av tungtrafikkandeler, ble andelene beregnet basert på registrerte tungtrafikkandeler i de øvrige delene av nettverket.

4.1.2.3 Peak Flow Factor

For å ta høyde for variasjoner i trafikkmønstreret i løpet av modelleringsperioden ble det beregnet verdier for «Peak Flow Factor» (PFF) for hver svingebevegelse gjennom kryssene i nettverket. For mer informasjon om hvordan denne faktoren fungerer henvises det til kapittel 2.2.3.1.

Lengden på topperioden ble satt til å være 15 minutter i hele nettverket. For å beregne «Peak Flow Factor» ble det tatt utgangspunkt i beregnet etterspørsel for hver svingebevegelse i kryssene i nettverket for hvert 15. minutt i løpet av modelleringsperioden. «Peak Flow Factor» ble så beregnet for hver svingebevegelse ved bruk av uttrykket:

$$PFF = \frac{\sum Q_{15,i}}{4 \times Q_{15,max}}$$

Her er:

Q_i = Samlet etterspørsel i en 15-minutters periode ($i=1,2,3,4$)

$Q_{i,max}$ = Samlet etterspørsel for 15-minutters perioden med høyest etterspørsel

Nærmere detaljer om tallgrunnlaget som ble brukt til beregning av «Peak Flow Factor» kan finnes i vedlegg G.

4.1.2.4 Beregnede inngangsdata for studieområdet

Tabell 4.5 viser beregnede verdier for etterspørsel, tungtrafikkandeler og «Peak Flow Factor» for studieområdet i denne oppgaven. Disse verdiene ble benyttet som inngangsdata i nettverksmodellen.

Tabell 4.5: Etterspørsel, tungtrafikkandel og «Peak Flow Factor» for studieområdet

Tilfart	Etterspørsel [veh/h]	Tungtrafikkandel	Peak Flow Factor
Vikepliktregulert kryss			
Fra Sluppenvegen	237	6%	66%
Fra E6 Omkjøringsvegen	271	2%	85%
Fra Rundkjøring	403	5,5%	92%
Rundkjøring			
Fra Sluppenvegen			
- Venstresving	450	3%	87%
- Høyresving	53	3%	74%
Fra Tempevegen			
- Venstresving	106	4%	87%
- Rett fram	202	4%	86%
Fra Sluppen bru			
- Rett frem	71	6%	74%
- Høyresving	301	6%	89%
Signalregulert kryss			
Fra Marienborg			
- Venstresving	247	6%	89 %
- Rett frem	300	6%	100 %
Fra Sluppen			
- Venstresving	221	3%	89 %
- Høyresving	410	3%	89 %
Fra Romolslia			
- Rett frem	230	6%	100 %
- Høyresving	125	6%	89 %

4.1.3 Beregning av feltparametere

For å ha et grunnlag til å kalibrere trafikkmodellen og for å kunne sammenligne modelleringsresultatene med observasjoner fra virkeligheten ble det beregnet et knippe trafikkparametere basert på den observerte trafikkavviklingen fra felt.

Det ble beregnet verdier for gjennomsnittlig kølengde og gjennomsnittlig forsinkelse per kjøretøy for de ulike tilfartene i nettverket. I tillegg ble det utført registreringer av kapasitet for tilfartene hvor det oppstod mettede forhold i løpet av registreringsperioden.

4.1.3.1 Gjennomsnittlig kølengde

Gjennomsnittlig kølengde bak tilfartene i nettverket ble beregnet på grunnlag av de registrerte kølengdene i perioden fra 15:30 - 16:30 på onsdag 4. mars. Tabell 4.6 viser verdier for beregnet gjennomsnittlig kølengde bak de ulike krysstillfartene.

Tabell 4.6: Gjennomsnittlige kølengder

Tilfart	Gjennomsnittlig kølengde [kjt]
Lyskryss	
Fra Sluppen	68,8
Rundkjøring	
Fra Tempeveien	2,5
Fra Sluppenvegen	23,8
Fra Sluppen bru	-
T-kryss	
Fra E6 omkjøringsveien.	15,9
Fra Sluppenvegen	7,9
Fra Rundkjøring	-

Nærmere detaljer om tallgrunlaget som ble brukt til beregning av gjennomsnittlige kølengder kan finnes i vedlegg D.

4.1.3.2 Gjennomsnittlig forsinkelse

Gjennomsnittlig forsinkelse per kjøretøy ble beregnet basert på gjennomsnittlige kølengder bak krysstillfartene i nettverket ved bruk av relasjonen:

$$w = \frac{L_{gj} \times t}{N}$$

Her er:

w = gjennomsnittlig forsinkelse per kjøretøy

L_{gj} = gjennomsnittlig kølengde i modelleringsperioden

t = modelleringsperiodens varighet

N = antall kjøretøy som ble avviklet i modelleringsperioden

Tabell 4.7 viser beregnede verdier for gjennomsnittlig forsinkelse per kjøretøy i perioden fra 15:30 - 16:30 på onsdag 4. mars.

Tabell 4.7: Gjennomsnittlige forsinkelser (per kjøretøy)

Tilfart	Gjennomsnittlig forsinkelse [s]
Lyskryss	
Fra Sluppen	406,5
Rundkjøring	
Fra Tempeveien	29,5
Fra Sluppenvegen	181,2
Fra Sluppen bru	-
T-kryss	
Fra E6 omkjøringsveien	225,6
Fra Sluppenvegen	129,6
Fra Rundkjøring	-

Nærmere detaljer om tallgrunnlaget som ble brukt til beregning av gjennomsnittlige forsinkelser kan finnes i vedlegg E.

4.1.3.3 Kapasitet

I følge Akcelik (2015) kan kapasiteten for en krysstilfart estimeres ved å telle antall kjøretøyer som avvikles i løpet en periode med mettede forhold. Dette ble brukt som utgangspunkt for å beregne estimater på kapasiteten for tilfartene i T-krysset og i rundkjøringen under periodene med tilbakeblokkering og dårlig avviklingskvalitet. Merk at kapasiteten i disse periodene vil være begrenset av avviklingsforholdene i lyskrysset, slik at de beregnede kapasitetsverdiene ikke gjenspeiler tilfartenes kapasitet under normale avviklingsforhold.

Det ble valgt å bruke de registrerte trafikkmengdene i perioden fra 16:00 til 16:20 for å beregne estimater på kapasiteten i krysstilfartene. Gjennom hele denne perioden var det mettede trafikkforhold på tilfartene fra Sluppenvegen og E6 Omkjøringsvegen i det vikepliktregulerte krysset, samt på tilfarten fra Sluppenvegen i rundkjøringen.

For tilfarten fra Tempevegen i rundkjøringen ble det ikke utført kapasitetsberegninger, da det på denne tilfarten aldri oppstod mettede trafikkforhold over en lang nok periode til at kapasiteten kunne beregnes med tilstrekkelig nøyaktighet.

Tabell 4.8 viser beregnede estimater på kapasitet for tilfartene i T-krysset og rundkjøringen.

Tabell 4.8: *Estimater på tilfartskapasitet*

Tilfart	Kapasitet [veh/h]
Rundkjøring	
Fra Sluppenvegen	462
T-kryss	
Fra E6 omkjøringsveien	225,6
Fra Sluppenvegen	249

Nærmere detaljer om tallgrunlaget som ble brukt til beregning av kapasitet for de ulike tilfartene kan finnes i vedlegg F.

4.1.4 Innledende uttesting av nettverksmodell

Før prosessen med å modellere trafikksituasjonen i studieområdet ble igangsatt ble det først utført en prøvekjøring av nettverksmodellen. Dette ble gjort for å sjekke om modellen syntes å fungere på riktig måte, samt for å få et inntrykk av hvilke nettverkseffekter som ble tatt hensyn til under modelleringen. Nettverksmodellen ble kjørt med inngangsdataene som er spesifisert i de foregående kapitlene. Under den innledende uttestingen ble det ikke vurdert hvor godt modelleringsresultatene stemte overens med de observerte forholdene fra virkeligheten, men hvorvidt resultatene var fornuftige med tanke på modellens utforming.

Først ble det utført et forsøk for å kontrollere om nettverksmodellen klarte å identifisere alle tilfarter hvor det vil oppstå kapasitetsreduksjon som følge av tilbakeblokkering fra lyskrysset. For å gjøre dette ble det utført to sett med trafikkanalyser for alle kryssene i nettverket. Først ble kryssene analysert som enkeltstående kryss ved bruk av den tradisjonelle kryssmodellen i SIDRA INTERSECTION. Deretter ble kryssene analysert som en integrert del i et vegnettverk ved bruk av den nye nettverksmodellen. Ved å sammenligne beregnet kapasitet for tilfartene i kryssene ved bruk av de to modellene, kunne det kontrolleres om nettverksmodellen klarte å identifisere alle tilfartene hvor det ville oppstå kapasitetsreduksjon som følge av tilbakeblokkering fra lyskrysset.

Tabellene 4.9 til 4.11 viser beregnet kapasitet for tilfartene i de tre kryssene ved bruk av både kryssmodellen og nettverksmodellen i SIDRA INTERSECTION. Det er også angitt hvor stor prosentvis endring det er i beregnet kapasitet fra de to modellene.

Tabell 4.9: *Kapasitetsberegninger for tilfartene i vikepliktregulert kryss*

Tilfart	Kryssmodell	Nettverksmodell
Fra Sluppenvegen	878	440 (-49,9%)
Fra E6 Omkjøringsvegen	1143	572 (-50,0%)
Fra Rundkjøring	2041	2041 (0,0%)

Tabell 4.10: *Kapasitetsberegninger for tilfartene i rundkjøring*

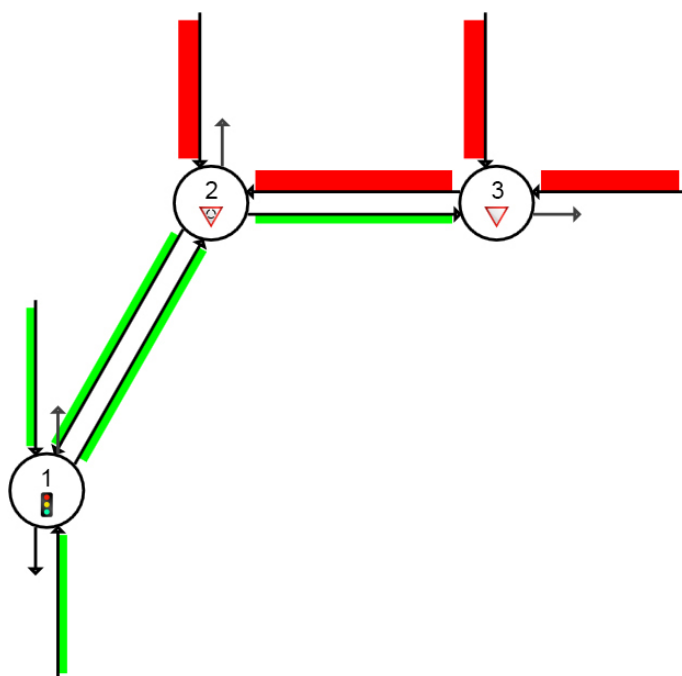
Tilfart	Kryssmodell	Nettverksmodell
Fra Tempeveien	772	393 (-45,6%)
Fra Sluppenvegen	1206	666 (-44,8%)
Fra Sluppen bru	1026	1015 (-1,1%)

Tabell 4.11: Kapasitetsberegninger for tilfartene i signalregulert kryss

Tilfart	Kryssmodell	Nettverksmodell
Fra Sluppen	526	526 (0,0%)

Det fremgår at nettverksmodellen utfører kapasitetsreduksjoner for alle tilfarter oppstrøms for lyskrysset som ble observert å bli påvirket av tilbakeblokkering under feltregistreringene. For tilfartene som ligger nedstrøms for lyskrysset ble det ikke utført nevneverdige kapasitetsjusteringer, noe som er i tråd med observert trafikkavvikling. Nettverksmodellen synes dermed å fungere som den skal.

Det er også mulig å kontrollere at modellen fungerer riktig ved å studere modelleringsresultatet «Capacity Reduction» under fanevalget «Network Displays» på nettverksfanen i SIDRA INTERSECTION. Da får man opp en figur som grafisk viser hvilke tilfarter programmet har utført kapasitetsreduksjoner for. Figur 4.5 viser hvordan dette resultatet ser ut for nettverket i denne oppgaven. Tilfartene hvor det er utført kapasitetsreduksjoner er her markert med rødt.



Figur 4.5: Oversikt over hvilke tilfarter som får redusert kapasitet

Det ble også utført et forsøk for å sjekke om nettverksmodellen tok hensyn til køforholdene i tilstøtende kryss ved beregning av kølengder bak tilfartene i de ulike kryssene i nettverket. For å gjøre dette ble det utført beregninger av gjennomsnittlige kølengder («Cycle-Average Queue») bak tilfarten fra Sluppenvegen i rundkjøringen, samt bak tilfartene fra Sluppenvegen og E6 Omkjøringsvegen i det vikepliktregulerte krysset. Ettersom avstanden mellom rundkjøringen og det vikepliktregulerte krysset er kun 30 meter vil lange køer bak tilfarten fra Sluppenvegen i rundkjøringen i praksis bety at det også står lange køer bak tilfartene fra Sluppenvegen og E6 Omkjøringsvegen i det vikepliktregulerte krysset. Ved å sammenligne beregnede gjennomsnittlige kølengder bak disse tilfartene kunne det vurderes om nettverksmodellen tok hensyn til dette. Tabell 4.12 viser beregnede gjennomsnittlige kølengder bak de tre tilfartene.

Tabell 4.12: Beregnede gjennomsnittlige kølengder

Tilfart	Gjennomsnittlig kølengde [kjt]
Rundkjøring	
Fra Sluppenveien	39,0
Vikepliktregulert kryss	
Fra Sluppenveien	0,4
Fra E6 Omkjøringsvegen	0,1

Av tabell 4.12 fremgår det at det er beregnet en gjennomsnittlig kølengde på 39 kjøretøyer bak tilfarten fra Sluppenveien i rundkjøringen. I praksis ville dette medført at køen hadde strukket seg langt forbi det vikepliktregulerte krysset på Sluppenvegen og langt oppover avkjøringsrampen fra E6 Omkjøringsvegen. Men som tabell 4.12 også viser, så er dette ikke tatt hensyn til ved beregning av kølengder bak tilfartene i det vikepliktregulerte krysset, hvor det er beregnet at det gjennomsnittlig står mindre enn ett kjøretøy i kø på begge tilfartene.

Nettverksmodellen tar dermed ikke hensyn til køforholdene i tilstøtende kryss ved beregning av kølengder bak tilfartene i de ulike kryssene i nettverket. Dermed må brukeren selv passe på at beregnede kølengder i nærliggende kryss i et nettverk ikke står i konflikt med hverandre.

4.1.5 Modellering av studieområdet

I det følgende vil det bli gitt en gjennomgang av prosessen som ble gjennomført for å modellere trafikksituasjonen i studieområdet i SIDRA INTERSECTION 6.1. Det vil her bli gjennomgått hvilke justeringer som ble utført på nettverksmodellen for å tilpasse den til de observerte trafikkforholdene i studieområdet.

Tabell 4.13 viser beregnet kapasitet, kølengde og forsinkelse for de ulike tilfartene i kryssene i nettverket før det ble gjennomført justeringer av nettverksmodellen. I tabellen fremgår også verdiene som ble registrert i felt for de ulike parameterne.

Tabell 4.13: Beregnede kølengder, forsinkelser og kapasitet før kalibrering av nettverksmodell

	Kølengde [kjt]		Forsinkelse [s]		Kapasitet [veh/h]	
	Beregnet	Registrert	Beregnet	Registrert	Beregnet	Registrert
Lyskryss						
Sluppen	47,8	68,8	242,9	406,5	526	-
Rundkjøring						
Tempeveien	7,8	2,5	78,6	29,5	393	-
Sluppenvegen	39,0	23,8	270,5	181,2	666	462
Sluppen bru	0,1	-	0,8	-	1015	-
T-kryss						
E6 omkjøringsvn.	3,5	15,9	1,7	225,6	572	225
Sluppenvegen	0,0	7,9	0,0	129,6	964	249
Rundkjøring	0,0	-	0,0	-	2041	-

Det fremgår at det for mange parametere er forholdsvis store avvik mellom beregnede parametere fra nettverksmodellen og registrerte parametere fra felt. Det måtte dermed utføres en kalibrering av modellen for å få mer realistiske resultater.

4.1.5.1 Kalibrering av nettverksmodellen

Kalibrering av nettverksmodellen ble utført ved å justere på ulike parametere i modellene for kryssene som inngår i nettverket, slik at beregnet kapasitet, kølengde og forsinkelse i størst mulig grad samsvarer med de registrerte verdiene fra feltobservasjonene. Tabell

4.14 viser hvilke parametere som anbefales brukt til modellkalibrering i brukermanualen til SIDRA INTERSECTION 6.1. Virkemåten til hver av disse parameterne er forklart i kapittel 2.2.3.

Tabell 4.14: *Anbefalte parametere for modellkalibrering i SIDRA INTERSECTION (Akcelik 2015)*

Reguleringsform	Anbefalt kalibreringsparameter
Vikepliktregulerte kryss	Area Type Factor (per tilfart) Basic Saturation Flow (per felt)
Rundkjøringer	Environment Factor
Signalregulerte kryss	Critical Gap & Follow-up Headway

Kalibreringen ble utført ved å justere på verdiene for parameterne i tabell 4.14 i modellene for kryssene i nettverket. Det ble da fokusert på å finne parameterverdier som ga riktige verdier for beregnet gjennomsnittlig kølengde bak hver krysstilfart. Deretter ble beregnet gjennomsnittlig forsinkelse og kapasitet sammenlignet mot registrerte forsinkelser og kapasiteter fra felt for å vurdere hvor godt modellen stemte overens med virkeligheten. Dersom nettverksmodellen gir en realistisk representasjon av trafikkforholdene i studieområdet vil en kalibrering som gir riktige verdier beregnede kølengder også gi realistiske verdier for beregnede forsinkelser og kapasiteter.

Som beskrevet i kapittel 2.2.1.4 beregner SIDRA INTERSECTION en rekke ulike parametere som beskriver kølengde og forsinkelse. Ved kalibrering av en modell mot observerte forhold er det derfor viktig at man sammenligner de riktige parameterverdiene med hverandre. Ettersom det er gjennomsnittlig kølengde i løpet av hele modelleringsperioden som er registrert i felt er det parameteren «Cycle-Average Queue» som vil bli brukt som sammenligningsgrunnlag i denne oppgaven. Når det gjelder forsinkelse er det den kjøretøyavhengige forsinkelsen som er registrert i felt. Ved sammenligning av registrert og beregnet forsinkelse av er det derfor parameteren «Stop-Line Delay» som vil bli brukt.

På grunn av tilbakeblokkering i nettverket vil justeringer som medfører endringer beregnet kølengde bak en gitt krysstilfart i nettverket også kunne medføre endringer i beregnet kapasitet for andre tilfarter oppstrøms for denne. For å unngå å måtte justere flere ganger på samme kryss ble det valgt å begynne med å justere krysset som ligger lengst nede i nettverket, for deretter å jobbe seg oppover. Det ble derfor først utført

justeringer av modellen for det signalregulerte krysset. Deretter ble det utført justeringer for rundkjøringen, og til sist for det vikepliktregulerte krysset.

Tabell 4.15 oppsummerer hvilke parameterjusteringer som ble funnet å gi riktige kølengder bak tilfartene i de tre kryssene i nettverket ved kalibrering av nettverksmodellen.

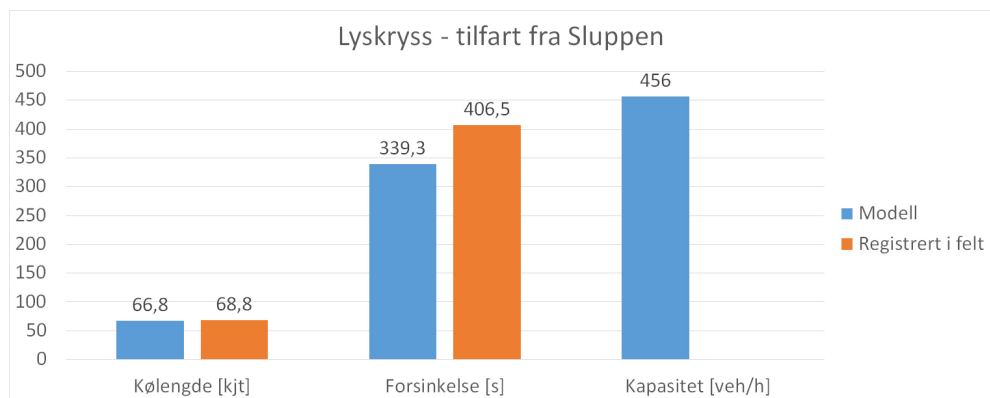
Tabell 4.15: *Justeringer utført ved kalibrering av lyskryss*

Tilfart	Parameter	Opprinnelig verdi	Ny verdi
Lyskryss			
Fra Sluppen	Basic Saturation Flow	1500 tcu/h	1200 tcu/h
Rundkjøring			
Fra Sluppenveien	Environment factor	1,10	0,80
Fra Tempeveien	Environment factor	1,10	1,05
T-kryss			
Fra Sluppenveien	Critical Gap	6,50 s	6,50 s
	Follow-up Headway	3,50 s	4,00 s
Fra E6 Omkjøringsvegen	Critical Gap	5,00 s	7,50 s
	Follow-up Headway	3,00 s	4,50 s

Av tabell 4.15 fremgår det at det ble oppnådd riktige kølengder i det vikepliktregulerte krysset ved bruk av en kritisk tidsluke lik 6,50 s og en følgetid lik 4,00 s for tilfarten fra Sluppenvegen, samt en kritisk tidsluke lik 7,50 s og en følgetid lik 4,50 s for tilfarten fra E6 Omkjøringsvegen. Dette er urealistisk høye verdier sammenlignet med den observert trafikkavviklingen i studieområdet. Dette tyder på at nettverksmodellen ikke klarer å beskrive avviklingsmønsteret i studieområdet på en fullgod måte.

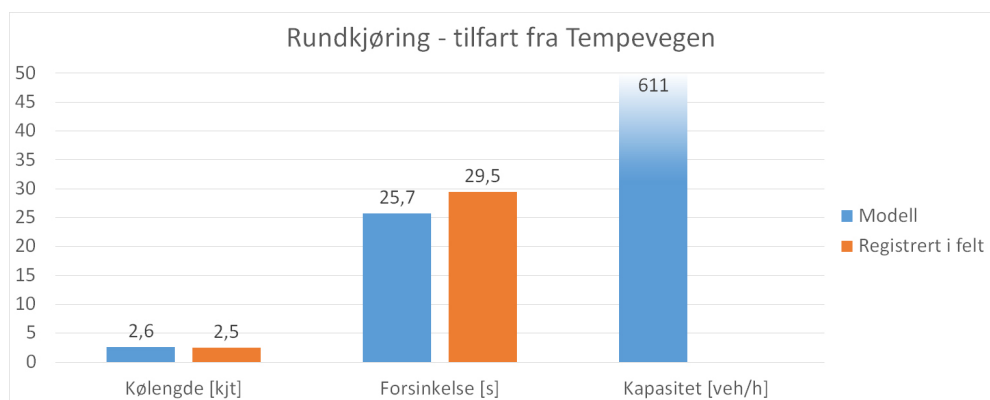
I det følgende vil det bli gitt gjennomgang av modelleringsresultatene som ble oppnådd etter at kryssmodellene i nettverket ble kalibrert mot registrerte kølengder. De beregnede verdiene for gjennomsnittlig forsinkelse og kapasitet vil her bli sammenlignet med registreringer fra felt for å vurdere hvor godt modelleringsresultatene stemmer overens med virkeligheten.

Figur 4.6 viser beregnede verdier for gjennomsnittlig kølengde, gjennomsnittlig forsinkelse og kapasitet for tilfarten fra Sluppen i lyskrysset etter at det ble utført kalibreringer av modellen. Her fremgår også hvordan de beregnede verdiene stemmer overens med registreringene fra felt. Det fremgår at den beregnede forsinkelsen fra modellen er vesentlig lavere enn forsinkelsen som ble registrert i felt.

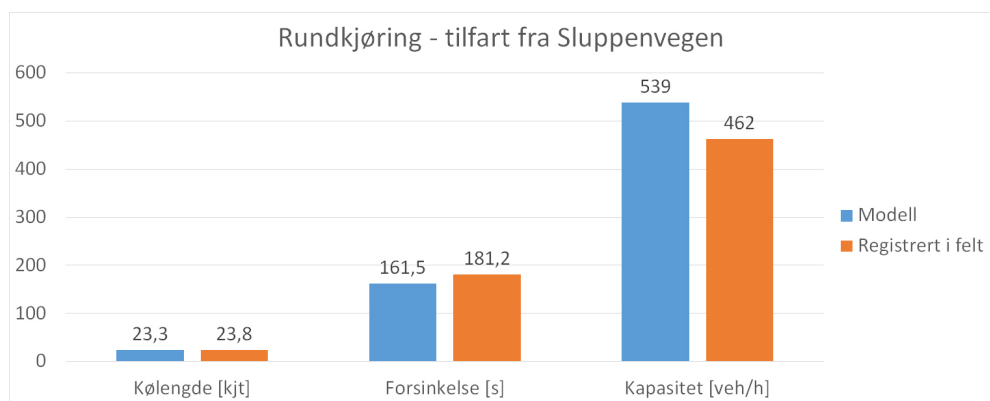


Figur 4.6: Modelleringsresultater etter kalibrering for tilfart fra Sluppen i lyskryss

Figurene 4.7 og 4.8 viser modelleringsresultater for tilfartene i rundkjøringen. Det fremgår at det er oppnådd et godt samsvar mellom beregnet og registrert forsinkelse for tilfarten fra Tempevegen, mens det for tilfarten fra Sluppenvegen er beregnet en lavere forsinkelse enn hva som ble registrert i felt. Beregnet kapasitet for tilfarten fra Sluppenvegen er også noe høyere enn kapasiteten som ble registrert i felt.

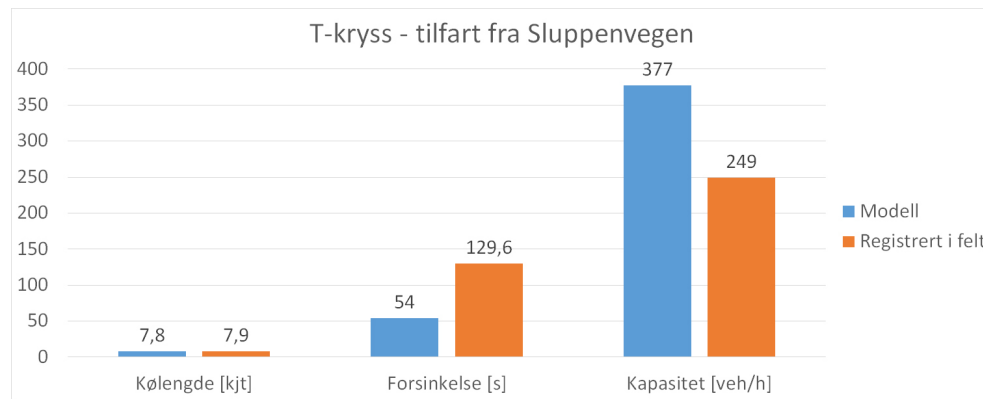


Figur 4.7: Modelleringsresultater etter kalibrering for tilfart fra Tempeveien i rundkjøring

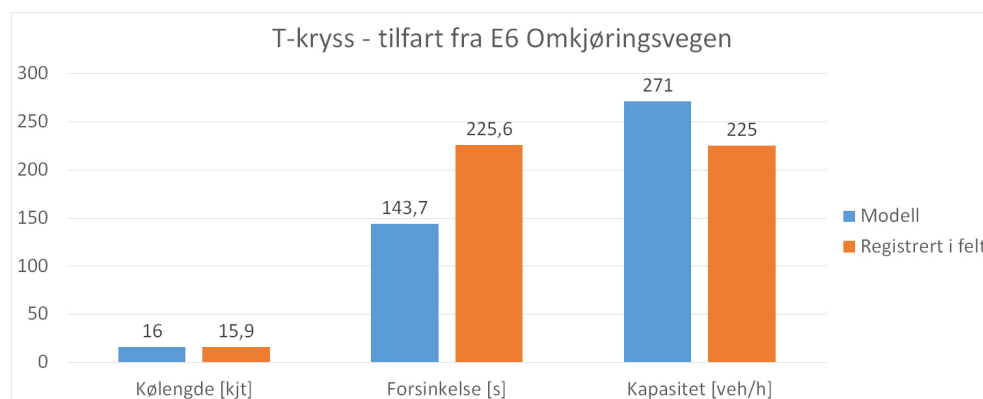


Figur 4.8: Modelleringsresultater etter kalibrering for tilfart fra Sluppenvegen i rundkjøring

Figurene 4.9 og 4.10 viser modelleringsresultater for tilfartene i det vikepliktregulerte krysset. Det fremgår at de beregnede forsinkelsene er vesentlig lavere enn de registrerte forsinkelsene både for tilfarten fra Sluppenvegen og tilfarten fra E6 Omkjøringsveien. Beregnet kapasitet for tilfarten fra Sluppenvegen er også vesentlig høyere enn kapasiteten som ble registrert i felt, mens avviket er mindre for tilfarten fra E6 Omkjøringsveien.



Figur 4.9: Modelleringsresultater etter kalibrering for tilfart fra Sluppenveien i T-kryss



Figur 4.10: Modelleringsresultater etter kalibrering for tilfart fra E6 Omkjøringsvegen i T-kryss

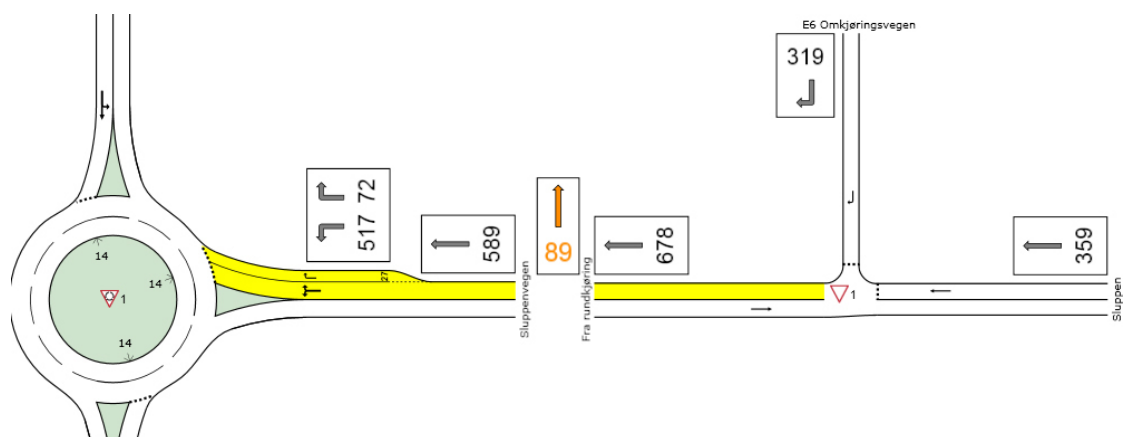
Kommentar til modelleringsresultater etter kalibrering

De oppnådde modelleringsresultatene viser at når nettverksmodellen blir kalibrert slik at beregnede kølengder blir korrekte i henhold til registreringene, så blir beregnede forsinkelser for lave i henhold til feltregistreringene for alle tilfartene i nettverket. Særlig gjelder dette for tilfartene i lyskrysset og det vikepliktregulerte krysset hvor det er store avvik mellom beregnede og registrerte forsinkelser. Dette tyder på at modellen ikke gir en god representasjon av trafikkforholdene i studieområdet.

Ved nærmere ettersyn ble det funnet at bruken av parameteren «Peak Flow Factor» for å modellere trafikkvariasjoner i kryssene kunne ha uheldige virkninger da kryssene ble koblet sammen i et nettverk. For det første gir bruken av «Peak Flow Factor» en urealistisk representasjon av trafikkvariasjonene i nettverket ved at det blir modellert én topperiode samtidig for alle tilfartene i alle kryssene i nettverket. I virkeligheten oppstod topperiodene i hvert av kryssene i nettverket på ulike tidspunkter i løpet av modelleringsperioden. Dermed ble det antageligvis modellert urealistisk høye trafikkvolumer i nettverket i løpet av topperioden og urealistisk lave trafikkvolumer i resten av modelleringsperioden.

For det andre, ettersom det ble brukt ulike verdier for «Peak Flow Factor» for hver svingebevegelse i kryssene i nettverket, ble det også modellert ulike intensiteter for trafikkmengdene som gikk inn og ut av hvert kryss i løpet av topperioden. Dette førte til at det i flere tilfeller oppstod forskjeller mellom trafikkmengdene som gikk ut av et kryss og trafikkmengdene som gikk inn i et tilstøtende kryss nedstrøms i løpet av samme periode. Som nevnt i kapittel 2.2.2.3 blir slike avvik modellert av nettverksmodellen i SIDRA INTERSECTION 6.1 som inn- eller utkjøringer tilsvarende differansen i trafikkvolum på midten av lenken mellom kryssene. Dette gir et modellert trafikkmonster som ikke er i overensstemmelse med virkeligheten. Selv om det totalt sett vil gå riktige antall kjøretøyer gjennom kryssene i løpet av modelleringsperioden kan også dette tenkes å kunne bidra til urealistiske modelleringsresultater.

Et eksempel på dette fra nettverket i studieområdet er vist på figur 4.11, hvor utgående trafikk i topperioden fra det vikepliktregulerte krysset er større enn inngående trafikk i rundkjøringen. Som vist på figuren blir dette modellert som at en rekke kjøretøyer kjører ut av nettverket på strekningen mellom de to kryssene. Dette gir en modellert situasjon som ikke er konsistent med virkeligheten.



Figur 4.11: Avvik mellom trafikk utgående og inngående trafikk mellom T-krysset og rundkjøringen

4.1.5.2 Ny modellering med PFF = 100%

For å sjekke om de potensielt uheldige effektene ved bruk av «Peak Flow Factor» ga betydelige utslag for modelleringsresultatene ble det utført en ny modellering av trafikkforholdene i studieområdet, hvor det ble benyttet en verdi for «Peak Flow Factor» lik 100% for alle svingebevegelser i kryssene i nettverket. Dermed ble det ikke modellert topperioder for noen av kryssene. I stedet ble gjennomsnittlig trafikkmengde gjennom kryssene brukt som trafikkgrunnlag i hele modelleringsperioden. På denne måten ble det også unngått at programmet modellerte inn- og utkjøringer på lenkene mellom kryssene i nettverket som følge av forskjeller i inn- og utgående trafikkvolumer i tilstøtende kryss.

Den nye modelleringen ble utført fra grunnen av, slik at de opprinnelige parameterverdiene som ble presentert i kapittel 4.1.1 ble brukt som utgangspunkt. Tabell 4.16 viser beregnet kapasitet, kølengde og forsinkelse for de ulike tilfartene i kryssene i nettverket med det nye trafikkgrunnlaget før det ble gjennomført justeringer av nettverksmodellen. I tabellen fremgår også verdiene som ble registrert i felt for de ulike parameterne.

Tabell 4.16: Beregnede kølengder, forsinkelser og kapasitet før kalibrering av nettverksmodell

	Kølengde [kjt]		Forsinkelse [s]		Kapasitet [veh/h]	
	Beregnet	Registrert	Beregnet	Registrert	Beregnet	Registrert
Lyskryss						
Sluppen	31,0	68,8	177,0	406,5	526	-
Rundkjøring						
Tempeveien	3,4	2,5	40,0	29,5	444	-
Sluppenvegen	14,0	23,8	115,5	181,2	686	462
Sluppen bru	-	-	-	-	-	-
T-kryss						
E6 omkjøringsvn.	2,3	15,9	31,0	225,6	652	225
Sluppenvegen	2,0	7,9	30,4	129,6	472	249
Rundkjøring	-	-	-	-	-	-

Det fremgår at det fremdeles er til dels store avvik mellom modellerte og registrerte parameterverdier. Det måtte derfor utføres en ny kalibrering av nettverksmodellen for å se om det nye trafikkgrunnlaget ville føre til bedre resultater. Tabell 4.17 oppsummerer

hvilke parameterjusteringer som ble utført for tre kryssene i nettverket under den nye kalibreringen av nettverksmodellen.

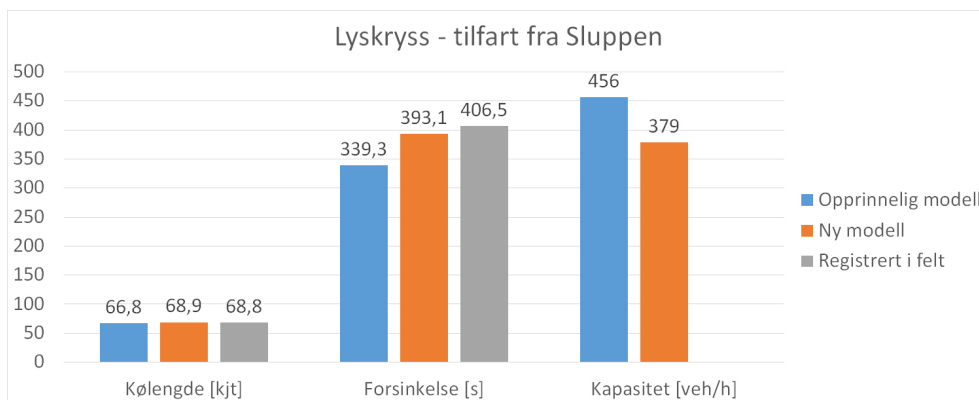
Tabell 4.17: *Justeringer utført ved ny kalibrering av nettverksmodell*

Tilfart	Parameter	Opprinnelig verdi	Ny verdi
Lyskryss			
Fra Sluppen	Basic Saturation Flow	1500 pcu/h	1100 pcu/h
Rundkjøring			
Fra Sluppenveien	Environment factor	1,10	0,80
Fra Tempeveien	Environment factor	1,10	1,05
T-kryss			
Fra Sluppenveien	Critical Gap	6,50	8,50
	Follow-up Headway	3,50	5,10
Fra E6 Omkjøringsvegen	Critical Gap	5,00	9,20
	Follow-up Headway	3,00	5,70

Av tabell 4.17 fremgår det at det fremdeles må brukes urealistisk høye verdier for kritisk tidsluke og følgetid for å oppnå riktige kølengder bak tilfartene i det vikepliktregulerte krysset. Verdiene for kritisk tidsluke og følgetid etter kalibrering med det nye trafikkgrunnlaget er enda mer urealistiske enn ved bruk av det opprinnelige trafikkgrunnlaget. Nettverksmodellen synes således fremdeles å ha problemer med å beskrive avviklingsmønsteret i studieområdet på en fullgod måte.

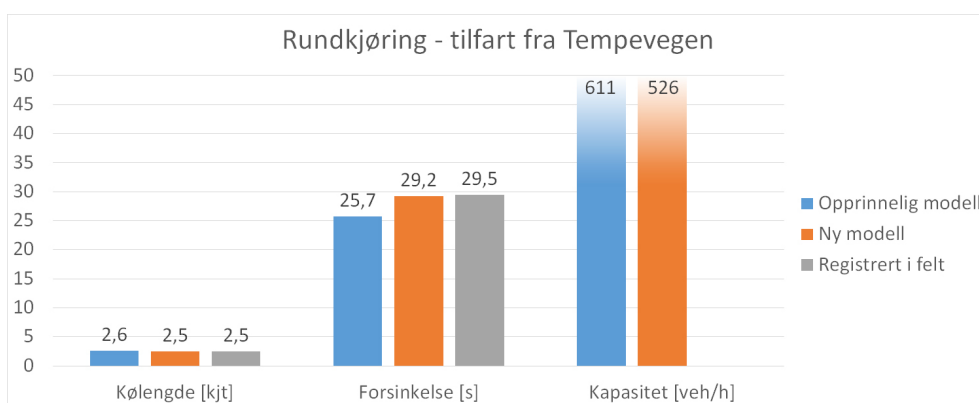
I det følgende vil det bli gitt en presentasjon av hvilke resultater som ble oppnådd etter kalibrering av nettverksmodellen. Resultatene vil bli sammenlignet både med resultatene fra den opprinnelige modelleringen og med de registrerte verdiene fra felt.

Figur 4.12 viser beregnede verdier for gjennomsnittlig kølengde, gjennomsnittlig forsinkelse og kapasitet for tilfarten fra Sluppen etter at det ble utført kalibreringer av modellen. Figuren viser også hvordan de beregnede parameterne skiller seg fra parameterne som ble beregnet med den opprinnelige modellen, samt hvordan de beregnede verdiene stemmer overens med registreringene fra felt. Det fremgår at det er oppnådd et bedre samsvar mellom modellerte og registrerte forsinkelser ved bruk av det nye trafikkgrunnlaget.

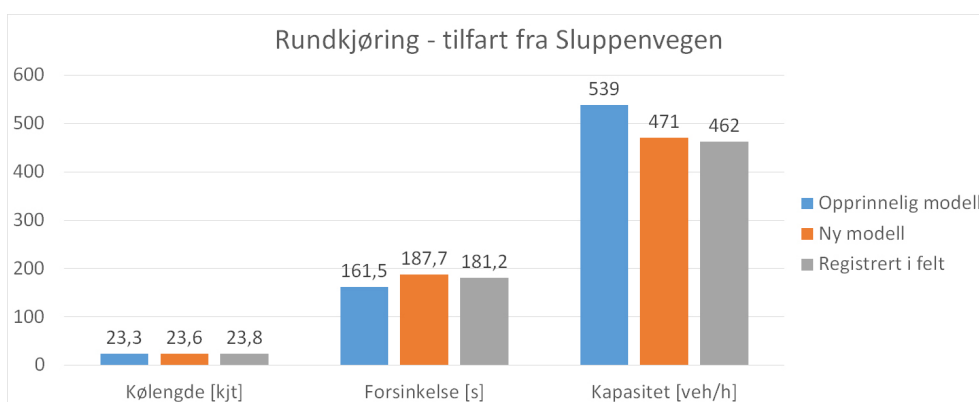


Figur 4.12: Modelleringsresultater etter kalibrering for tilfart fra Sluppen i lyskryss

Figurene 4.13 og 4.14 viser modelleringsresultater for tilfartene fra Tempeveien og Sluppenvegen i rundkjøringen. Det fremgår at det er oppnådd et bedre samsvar mellom modellerte og registrerte forsinkelser og kapasiteter for begge tilfartene i rundkjøringen ved bruk av det nye trafikkgrunnlaget.

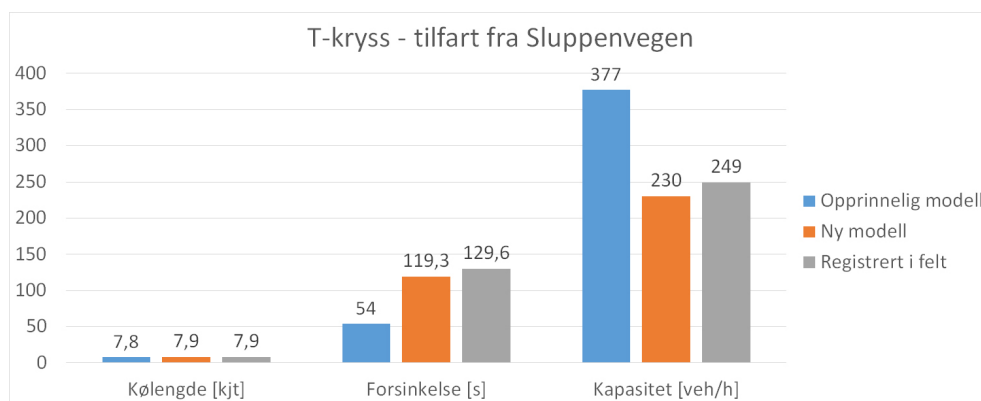


Figur 4.13: Modelleringsresultater etter kalibrering for tilfart fra Tempeveien i rundkjøring

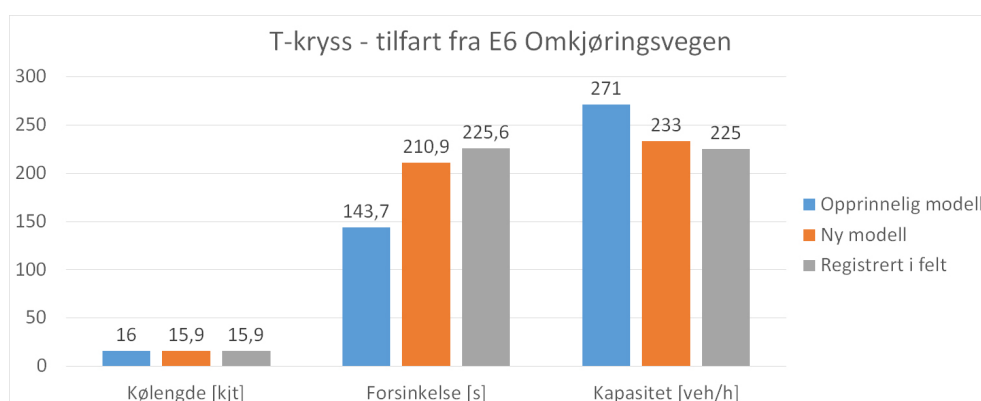


Figur 4.14: Modelleringsresultater etter kalibrering for tilfart fra Sluppenvegen i rundkjøring

Figurene 4.15 og 4.16 viser modelleringsresultater for tilfartene fra Sluppenvegen og E6 omkjøringsvegen i det vikepliktregulerte krysset. Det fremgår at det er oppnådd et langt bedre samsvar mellom modellerte og registrerte forsinkelser og kapasiteter for begge tilfartene i det vikepliktregulerte krysset ved bruk av det nye trafikkgrunnlaget. Også de beregnede kapasitetene stemmer nå godt overens med virkeligheten.



Figur 4.15: Modelleringsresultater etter kalibrering for tilfart fra Sluppenveien i T-kryss



Figur 4.16: Modelleringsresultater etter kalibrering for tilfart fra E6 Omkjøringsvegen i T-kryss

Kommentar til modelleringsresultater etter ny kalibrering

Ved bruk av en «Peak Flow Factor» lik 100% for alle svingebevegelser i krysset ble det oppnådd et langt bedre samsvar mellom registrerte og modellerte forsinkelser og kapasiteter enn ved bruk av det opprinnelige trafikkgrunnlaget. Dette indikerer at bruken av «Peak Flow Factor» i den opprinnelige modelleringen bidro til å gi en urealistisk representasjon av trafikkforholdene i studieområdet.

4.1.6 Vurdering av modelleringsresultater

I dette kapittelet vil det bli foretatt en vurdering av de oppnådde modelleringsresultatene fra nettverksmodellen i SIDRA INTERSECTION 6.1.

Tabell 4.18 viser registrerte verdier for forsinkelser og kapasitet for hver krysstillfart i nettverket sammen med beregnede verdier fra nettverksmodellen etter kalibrering mot observerte kølengder. I tabellen er det også angitt hvor store prosentvise avvik det er mellom registrerte og modellerte verdier.

Tabell 4.18: Beregnede kølengder, forsinkelser og kapasitet etter ny kalibrering

	Forsinkelse [s]			Kapasitet [veh/h]		
	Registrert	Modell	Avvik	Registrert	Modell	Avvik
Lyskryss						
Sluppen	406,5	393,1	-3,3%	-	379	-
Rundkjøring						
Tempeveien	29,5	29,20	-1,0%	-	526	-
Sluppenvegen	181,2	187,7	+3,6%	462	471	+1,9%
T-kryss						
E6 omkjøringsvn.	225,6	210,9	-6,5%	225	233	+3,6%
Sluppenvegen	129,6	119,3	-7,9%	249	230	-7,6%

Det fremgår at det er oppnådd et godt samsvar mellom modell og virkelighet for både forsinkelser og kapasitet for alle krysstillfartene. Det største avviket mellom registrerte og modellerte verdier er på 7,9%. Dette anses å være et tilfredsstillende nøyaktig resultat tatt i betraktning at trafikkmodellen er en vesentlig forenkling av virkeligheten. Trafikkmodellen virker dermed å gi gode og realistiske modelleringsresultater for beskrivelse av trafikkforholdene i de ulike kryssene i nettverket.

For å kunne vurdere kvaliteten til nettverksmodellen i SIDRA INTERSECTION er det også interessant å se nærmere på de beregnede resultatene for de øvrige delene av nettverket, og vurdere hvorvidt disse er i overensstemmelse med de observerte trafikkforholdene. I det følgende vil det derfor bli gitt en gjennomgang av de beregnede modelleringsresultatene for nettverket som helhet.

Som beskrevet i kapittel 2.2.1.3 blir det beregnet forholdsvis få resultater som beskriver trafikkforholdene i nettverket som helhet sammenlignet med det rike utvalget av resultater som blir beregnet for hvert enkelt kryss. Av resultatene som blir beregnet er det kun tabellen med analyseresultater for hele nettverket sammenlagt under fanevalget «Network Summary» som består av konkrete tallverdier. Resultatene som beskriver trafikksituasjonen på lenkene mellom kryssene under fanevalget «Network Displays» blir kun presentert grafisk ved bruk av fargekoder. Det blir imidlertid gitt forklaringer til de ulike fargekodene, slik at det er mulig å lese av hvilken størrelsesorden de beregnede parameterverdiene har for de ulike lenkene.

Tabell 4.19 viser et utvalg av de beregnede resultatene fra samletabellen i «Network Summary» for nettverket i studieområdet.

Tabell 4.19: Resultater fra «Network Summary»

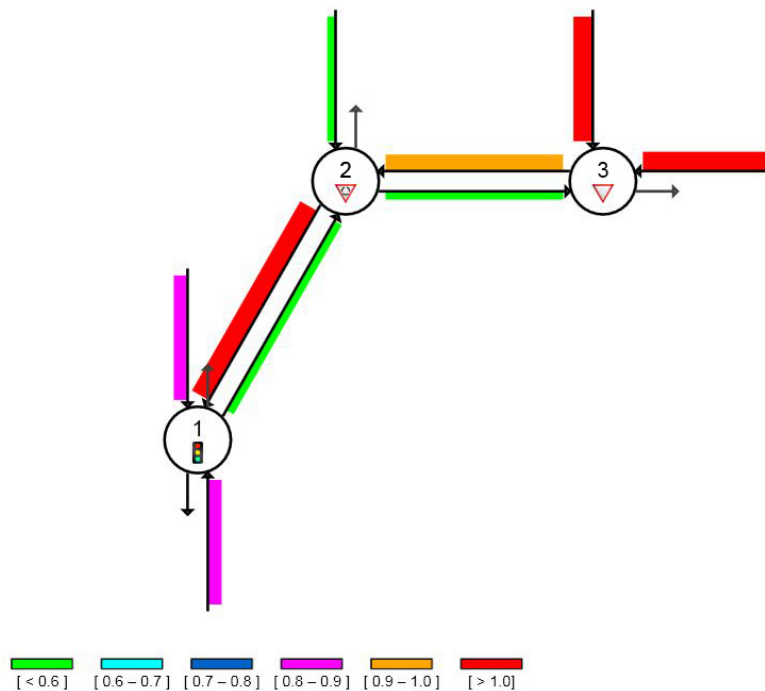
Parameter	Verdi
Avviklingskvalitet (Level Of Service) for nettverket	F
Gjennomsnittligshastighet	12,5 km/h
Ønsket hastighet	60 km/h
Hastighetseffektivitet (= Gjennomsnittshastighet / Ønsket hastighet)	0,21
Gjennomsnittlig forsinkelse («Stop-Lane Delay»)	133,1
Andel kjøretøy som må stå i kø	0,77
Nøyaktighet for nettverksmodell	3,3%
Antall utførte iterasjoner	10

Det fremgår at nettverksmodellen beregner en avviklingskvalitet i nettverket lik LOS F, som er det laveste mulige nivået. Dette stemmer overens med de observerte forholdene da det stort sett var sammenbrudd i trafikkavviklingen i hele modelleringsperioden. Videre fremgår det er beregnet en forholdsvis lav gjennomsnittlig hastighet for kjøretøyene i nettverket, noe som også stemmer med de observerte forholdene. Her må det imidlertid tas i betraktning at den beregnede gjennomsnittlige hastigheten i «Network Summary» også inkluderer hastigheten til kjøretøyene på lenkene som ikke var beheftet med kø og forsinkelser. Det samme gjelder også for de beregnede verdiene for gjennomsnittlig forsinkelse og andelen kjøretøyer som må stå i kø. Da det ikke ble utført noen registreringer som tok hensyn til all trafikk i nettverket er det vanskelig å sammenligne disse verdiene med de observerte forholdene. De beregnede verdiene har imidlertid en størrelsesorden som fremstår som realistisk.

Det fremgår videre at nøyaktigheten til nettverksmodellen er 3,3%, noe som betyr at nettverksmodellen ble stoppet før den nådde den definerte presisjonsnivået

på 0,1%. Dette skjedde fordi modellen hadde utført 10 iterasjoner, som var definert som det høyeste tillatte antall iterasjoner. Dersom det hadde blitt spesifisert et høyere tillatt antall iterasjoner kunne dermed modellen kunne ha gitt noe mer nøyaktige resultater. Den oppnådde nøyaktigheten er imidlertid såpass høy at dette ikke antas å ha særlige konsekvenser for resultatenes gyldighet.

I det følgende vil de mest relevante grafiske resultatene fra fanevalget «Network Displays» bli gjennomgått og vurdert mot observert trafikkavvikling. Figur 4.17 viser den grafiske fremstillingen av beregnede metningsgrader for lenkene i nettverket.

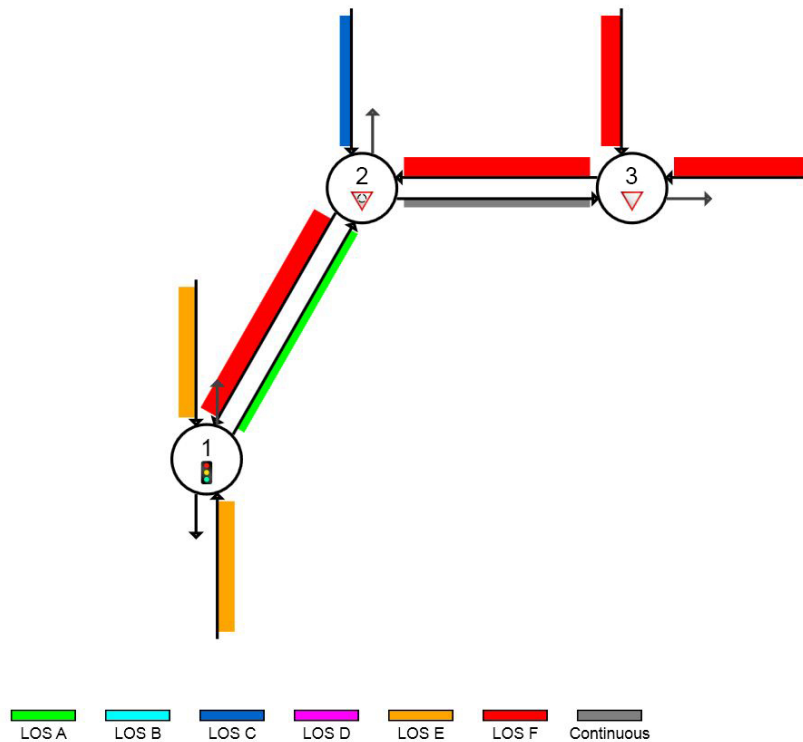


Figur 4.17: Beregnet metningsgrad for lenkene på nettverket

Det fremgår at lenken mellom rundkjøringen og lyskrysset har en svært høy metningsgrad i retning mot Sluppen bru med en verdi på over 1.0, mens metningsgraden i motsatt retning er lav med verdi under 0.6. Tilsvarende har lenken mellom rundkjøringen og T-krysset høy metningsgrad i retning mot rundkjøringen, mens metningsgraden er lav i retning bort fra rundkjøringen. Dette er realistisk og i tråd med observert avvikling.

Videre fremgår det at metningsgraden er svært høy for lenkene som tilsvarer Sluppenvegen og E6 Omkjøringsvegen inn mot det vikepliktregulerte krysset, mens den er lav for lenken som tilsvarer Tempevegen inn mot rundkjøringen. Også dette er i tråd med observert avvikling. De beregnede metningsgradene for lenkene på nettverket synes dermed å være i tråd med observert trafikkavvikling.

Figur 4.18 viser den grafiske fremstillingen av beregnet avviklingskvalitet (Level Of Service) for lenkene i nettverket.

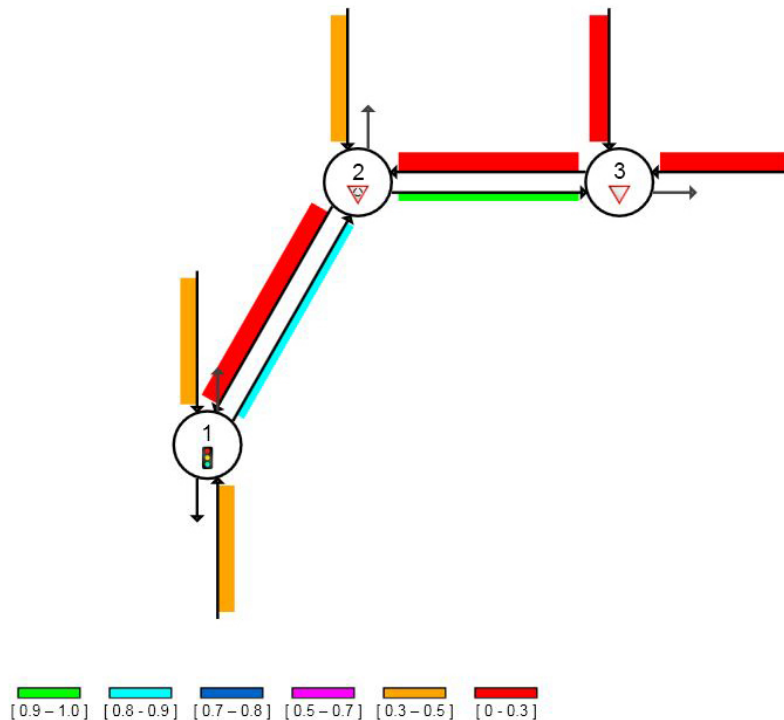


Figur 4.18: Beregnet avviklingskvalitet for lenkene på nettverket

Det fremgår at lenken mellom rundkjøringen og lyskrysset, lenken mellom rundkjøringen og T-krysset, samt begge lenkene inn mot T-krysset har fått beregnet den dårligste avviklingskvaliteten (LOS F). Dette er i tråd med observert trafikkavvikling, da alle disse lenkene var preget av lange køer og store forsinkelser i løpet av modelleringsperioden.

Videre fremgår det at lenken tilsvarende Tempevegen inn mot rundkjøringen har fått beregnet en høyere avviklingskvalitet enn de øvrige lenkene (LOS C). Også dette er i tråd med observert avvikling, da tilfarten Tempeveien i rundkjøringen ble gitt høyere prioritet enn de øvrige krysstilfartene ved sammenbruddet i trafikkavviklingen, slik at det oppstod lavere forsinkelser på denne tilfarten og dermed høyere avviklingskvalitet. For lenkene som ikke ble vesentlig påvirket av sammenbruddet i trafikkavviklingen er det beregnet høy avviklingskvalitet, noe som stemmer overens med observasjonene fra felt. Beregnet avviklingskvalitet for lenkene på nettverket synes dermed å være i tråd med observert trafikkavvikling.

Figur 4.19 viser den grafiske fremstillingen av beregnet hastighetseffektivitet («Speed Efficiency») for lenkene i nettverket. Hastighetseffektivitet på en lenke er gitt som forholdet mellom gjennomsnittlig hastighet og ønsket hastighet på lenken. For nettverket i studieområdet var ønsket hastighet lik 60 km/h.



Figur 4.19: Beregnet hastighetseffektivitet for lenkene på nettverket

Det fremgår at lenken mellom rundkjøringen og lyskrysset, lenken mellom rundkjøringen og T-krysset, samt begge lenkene inn mot T-krysset har fått beregnet svært lav hastighetseffektivitet med verdier mellom 0.0 og 0.3. Med en ønsket hastighet lik 60 km/h vil dette si at de beregnede gjennomsnittshastighetene på disse lenkene ligger mellom 0 og 18 km/h. Dette fremstår realistisk og i tråd med observert trafikkavvikling, da alle disse lenkene var preget av lange køer og lav fremdrift i felt. Videre fremgår det at lenken tilsvarende Tempevegen inn mot rundkjøringen har fått beregnet en høyere hastighetseffektivitet med verdi mellom 0.3 og 0.5, som svarer til gjennomsnittshastigheter mellom 18 og 30 km/h. Også dette fremstår realistisk, da tilfarten fra Tempeveien i rundkjøringen var mindre preget av kø og stillstand enn de øvrige av krysstillfartene som ble påvirket ved sammenbruddet i trafikkavviklingen. For lenkene som ikke ble vesentlig påvirket av sammenbruddet i trafikkavviklingen er det beregnet høy hastighetseffektivitet, noe som stemmer overens med observasjonene fra felt. Også beregnet hastighetseffektivitet for lenkene på nettverket synes dermed å være i tråd med observert trafikkavvikling.

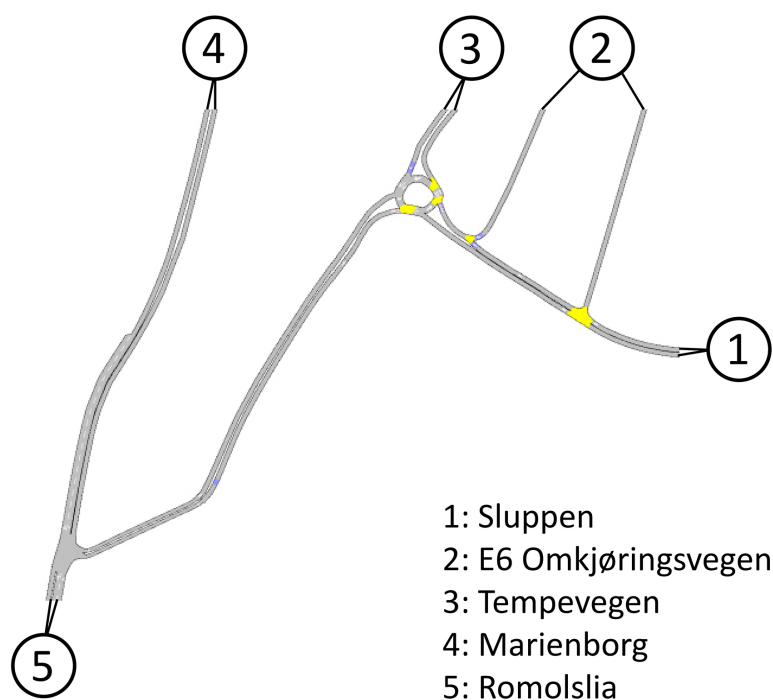
Oppsummert synes modelleringsresultatene fra SIDRA INTERSECTION å være godt i samsvar med den observerte trafikkavviklingen både for de enkelte kryss og for nettverket som helhet. Forøvrig må det tas i betraktning at resultatene som produseres for nettverket som helhet av en forholdsvis overordnet karakter, slik at det er vanskelig å vurdere hvor nøyaktig disse resultatene samsvarer med virkeligheten.

4.2 Modellering i AIMSUN 8.1

I dette kapittelet vil det bli beskrevet hvordan trafikksituasjonen i studieområdet ble modellert ved bruk av AIMSUN 8.1. Det vil bli gjennomgått hvordan modellen ble bygget opp, hvilke inngangsdata som ble nyttet, hvordan modellen ble kalibrert mot observerte forhold og hvilke resultater som ble oppnådd. Gjennomgangen av modelleringen i AIMSUN være noe mindre omfattende enn den var for SIDRA INTERSECTION, da denne oppgavens formål primært er å beskrive og teste ut sistnevntes nettverksmodell.

4.2.1 Modell av studieområdet

Figur 4.20 viser et utsnitt av modellen som ble brukt til modellering av trafikksituasjonen i studieområdet i AIMSUN 8.1. På figuren er det også angitt hvilke sentroider som inngår i modellen. I realiteten er lenkene i modellen utformet med større lengder enn hva som fremgår av figuren. Dette ble gjort for å unngå at det skulle oppstå kødannelser på lenkene som strakk seg utenfor modellens grenser under modelleringen. Modellen er basert på en tidligere modell av studieområdet utviklet av SINTEF, men ble kodet og konfigurert i henhold til observasjonene som ble gjort under feltregistreringene i denne oppgaven.



Figur 4.20: Nettverksmodell i AIMSUN 8.1

Sammenlignet med modellen som ble brukt i SIDRA INTERSECTION fremgår at nettverksmodellen i AIMSUN er utvidet til også å omfatte påkjøringsrampen til E6 omkjøringsvegen i forkant av tilfarten fra Sluppenvegen i det vikepliktregulerte krysset. Dette ble gjort for å kunne gi et mest mulig riktig bilde av trafikkstrømmene under modelleringen, da en del av trafikken som går gjennom nettverket vil ende opp på E6 Omkjøringsvegen.

4.2.2 Beregning av etterspørsel

Trafikketterspørsel til modellen ble utarbeidet basert på feltregistreringene fra onsdag 4. mars. Det ble da utarbeidet OD-matriser som beskrev turetterspørselen i nettverket. De registrerte trafikkmengdene og svingeandelene fra kapittel 3.3.3 ble brukt som grunnlag for å estimere hvor mange kjøretøyer som kjørte mellom hver av sentroidene i nettverket i løpet av modelleringsperioden. Da det ikke ble utført registreringer av trafikkmengder og svingeandeler for påkjøringsrampen til E6 Omkjøringsvegen, ble det tatt utgangspunkt i resultater fra en tidligere trafikkteiling fra studieområdet (Hjelkrem & Bang 2009) for å finne fornuftige estimater på trafikkmengdene som gikk til denne.

Det ble det valgt å modellere hele perioden som ble observert under trafikkregistreringene. I motsetning til i SIDRA INTERSECTION har brukeren i AIMSUN anledning til å modellere variasjoner i trafikantenes atferdsmønster i løpet av modelleringsperioden. Dermed var det mulig å ta hensyn til at trafikantene gikk over til å utføre flettekjøring i kryssområdene da trafikkavviklingen i nettverket brøt sammen.

For å ta hensyn til variasjoner i trafikk mønsteret ble modelleringsperioden delt i tre tidsintervaller, hvor det ble beregnet en OD-matrise for hvert intervall. De tre tidsintervallene var:

- 14:45 til 15:45 (før rushtid)
- 15:45 til 16:15 (i rushtid)
- 16:15 til 16:30 (etter rushtid)

De registrerte trafikkmengdene i hver periode ble justert ved bruk av registrerte kølengder på begynnelsen og slutten av perioden for å oppnå riktige etterspørselsverdier, etter tilsvarende metode som beskrevet i kapittel 4.1.2.1.

Flere detaljer knyttet til de utførte beregningene av etterspørselsdata til AIMSUN kan finnes i vedlagt Excel-dokument i oppgavens digitale vedlegg.

Tabellene 4.20 til 4.22 viser beregnede OD-matriser for den samlede turetterspørselen mellom de ulike sentroidene i nettverket for de tre tidsperiodene.

Tabell 4.20: OD-matrise for turetterspørsel i perioden 14:45 - 15:45

Fra \ Til	Sluppen	E6 Omkj.vn	Tempevegen	Romolslia	Marienburg
Sluppen	-	48,8	24	111	60
E6 Omkj.vn	3	-	25	100	186
Tempevegen	80	53	-	62	116
Romolslia	36	62	27	-	200
Marienburg	72	123	53	370	-

Tabell 4.21: OD-matrise for turetterspørsel i perioden 15:45 - 16:15

Fra \ Til	Sluppen	E6 Omkj.vn	Tempevegen	Romolslia	Marienburg
Sluppen	-	32,3	16	74	40
E6 Omkj.vn	1	-	11	43	80
Tempevegen	29	20	-	38	70
Romolslia	17	30	11	-	100
Marienburg	35	59	21	200	-

Tabell 4.22: OD-matrise for turetterspørsel i perioden 16:15 - 16:30

Fra \ Til	Sluppen	E6 Omkj.vn	Tempevegen	Romolslia	Marienburg
Sluppen	-	9,8	5	22	12
E6 Omkj.vn	1	-	4	18	33
Tempevegen	14	9	-	17	32
Romolslia	10	17	5	-	58
Marienburg	20	34	11	70	-

For å ta hensyn til variasjoner i trafikksammensetningen ble hver av OD-matrisene som er vist i tabellene 4.20 til 4.22 splittet opp i to nye OD-matriser, hvor den ene beskrev antall lette kjøretøyer og den andre beskrev antall tunge kjøretøyer. Dette ble gjort ved bruk av funksjonen «split» i AIMSUN. Det ble da antatt at gjennomsnittlig 3 % av den totale trafikkmengden var tunge kjøretøyer, mens 97 % var lette kjøretøyer. Sett i forhold til de registrerte tungtrafikkandelene fra kapittel 3.3.3 er dette en forenkling av virkeligheten. Men ettersom de registrerte tungtrafikkandelene uansett var veldig lave vil ikke denne antagelsen ha vesentlig innvirkning på modelleringsresultatene.

4.2.3 Feltparametere

Tilsvarende som for SIDRA INTERSECTION ble registreringsresultater fra felt benyttet for å kalibrere modellen i AIMSUN og for å sammenligne modelleringsresultatene med virkeligheten. Mens det i SIDRA INTERSECTION kun var mulig å få beregnet parameterverdier for hele modelleringsperioden, var det i AIMSUN også mulig til å modellere hvordan parameterne varierte i løpet av modelleringsperioden. Ved sammenligne både størrelsesorden og variasjonsmønster for de ulike parameterne med observasjoner fra virkeligheten vil man antageligvis ha et bedre grunnlag for å bedømme om trafikkmodellen gir en realistisk representasjon av virkeligheten enn om man kun sammenligner aggregerte tall for hele modelleringsperioden. Det ble derfor valgt å sammenligne resultater fra AIMSUN med registreringer fra felt på flere tidspunkter i løpet av modelleringsperioden. Følgende parametere ble valgt som utgangspunkt for kalibrering og validering av trafikkmodellen:

- Variasjoner i trafikkmengder
- Reisetider i nettverket
- Gjennomsnittlige forsinkelser

Ettersom det ble besluttet å modellere hele registreringsperioden fra klokken 15:45 til 16:30 kunne de registrerte trafikkmengdene og reisetidene fra kapitlene 3.3.3 og 3.3.5 brukes direkte som sammenligningsgrunnlag ved kalibrering og validering av modellen. Gjennomsnittlige forsinkelser ble beregnet for hvert 15. minutt i løpet av modelleringsperioden basert på registrerte gjennomsnittlige kølengder ved bruk av metoden som ble beskrevet i kapittel 4.1.3.2.

I utgangspunktet var det også ønskelig å bruke registrerte gjennomsnittlige kølengder til kalibrering og validering av trafikkmodellen. Årsaken til at dette ikke ble gjort er knyttet til praktiske forhold. I AIMSUN beregnes gjennomsnittlige kølengder separat for hver enkelt lenke i nettverket. Flere av de observerte køene fra felt var imidlertid såpass lange at de ville strukket seg over flere veglenker i trafikkmodellen, noe som gjorde det vanskelig å foreta en direkte sammenligning mellom modellerte og registrerte kølengder. For modellering av gjennomsnittlig forsinkelse var det mulig å unngå dette problemet ved å definere egne ruter («subpaths») som bestod av de aktuelle lenkene hvor forsinkelsene skulle beregnes, og deretter få AIMSUN til å beregne gjennomsnittlig forsinkelse for kjøretøyene på disse rutene. Av en eller annen grunn var ikke dette mulig å gjøre ved beregning av gjennomsnittlige kølengder.

4.2.4 Justering og kalibrering av modellen

I det følgende vil det bli gitt en beskrivelse av de viktigste justeringene som ble gjort for å kalibrere trafikkmodellen i AIMSUN 8.1 mot de observerte trafikkforholdene fra felt. Kalibreringsprosessen i AIMSUN viste seg å være svært møysommelig og tidkrevende. I motsetning til i SIDRA INTERSECTION hvor det ble spesifisert et begrenset utvalg parametere som anbefales brukt til modellkalibrering i programmets brukerveiledning, finnes det i AIMSUN en lang rekke parametere som det kan være aktuelt for brukeren å stille på ved kalibrering av en trafikkmodell. Dette gjorde det utfordrende å finne ut hvilke justeringer som burde gjøres for å tilpasse trafikkmodellen til de observerte trafikkforholdene.

Kalibreringen av trafikkmodellen i AIMSUN ble utført som en prøve-og-feile-prosess hvor en rekke ulike parameterjusteringer ble testet ut for å se hva som førte til en mest mulig realistisk modellering. I denne prosessen ble AIMSUNs mulighet til å animere den simulerte trafikkavviklingen benyttet hyppig for å vurdere om den simulerte avviklingen var i tråd med observasjonene fra felt. I det følgende vil det bli gjennomgått hvilke justeringer som ble utført ved kalibrering av trafikkmodellen mot observerte forhold.

Justering av trafikkavvikling på Sluppen bru

Som beskrevet i kapittel 3.3.2 ble det observert at trafikkavviklingen ved Sluppen bru var preget av at kjøretøyene holdt lave hastigheter både ved innkjøring på broen, ved ferdsl over broen og ved kjøring ut av det signalregulerte krysset. For å ta hensyn til dette ble det utført justeringer av maksimal kjøretøyhastighet på lenken før Sluppen bru og på lenken som tilsvarer Sluppen bru. I tillegg ble det utført justeringer på svingehastighetene ut fra Sluppen bru i lyskrysset. Basert på observasjoner av videoopptakene ble det funnet at det typisk ble avviklet rundt 30 kjøretøyer fra Sluppen i lyskrysset i løpet av en grønnperiode. Verdiene for maksimale hastigheter og svingehastigheter ble valgt slik at antallet kjøretøyer som ble avviklet i modellen stemte overens med disse observasjonene. Tabell 4.23 viser hvilke verdier som ble funnet å gi fornuftige resultater.

Tabell 4.23: *Modelljusteringer ved Sluppen bru*

Parameter	Verdi
Maksimal hastighet på lenken før Sluppen bru	40 km/h
Maksimal hastighet på Sluppen bru	25 km/h
Svingehastighet mot høyre fra Sluppen bru i lyskryss	28 km/h
Svingehastighet mot venstre fra Sluppen bru i lyskryss	35 km/h

Justering for flettekjøring i rushtiden

Det ble gjort flere forsøk på å ta i bruk den nye samarbeidsmodellen i AIMSUN 8.1 for å simulere at bilistene utførte flettekjøring i periodene med tilbakeblokkering og dårlig avviklingskvalitet i nettverket. Det viste seg imidlertid å være problematisk å få modellen til å fungere på en måte som ga en realistisk etterligning av den observerte trafikantatferden. Særlig i rundkjøringen ble det observert at samarbeidsmodellen hadde problemer med å etterligne flettekjøringsmønsteret som ble observert i felt.

Det ble derfor besluttet å ikke bruke samarbeidsmodellen, men isteden etterligne flettekjøringen ved å fjerne vikepliktskiltene på tilfarten fra E6 Omkjøringsvegen i det vikepliktregulerte krysset og på tilfarten fra Tempeveien i rundkjøringen. Ved å gjøre dette vil modellen gi forkjørsrett til kjøretøyene som ankommer kryssene først. Ved observasjon av den simulerte trafikkavviklingen i rushtidsperioden ble dette funnet å gi en god etterligning at det observerte flettekjøringsregimet.

En ulempe med å velge denne løsningen er at modellen vil gi en uriktig representasjon av vikepliktforholdene i de to kryssene utenfor rushtidsperiodene. Ved å sammenligne modellert trafikkavvikling med og uten vikepliktskilter på de aktuelle tilfartene ble det imidlertid funnet at fjerning av vikepliktskiltene hadde liten innvirkning på avviklingsmønsteret i periodene før og etter rushtiden. Dermed vil ikke dette medføre en stor feilkilde for modelleringen.

Verdier for øvrige parametere

Det ble utført en rekke forsøk hvor ulike parameterjusteringer ble testet ut for å se hva som førte til en mest mulig realistisk modellering. Tabell 4.24 viser hvilke verdier for globale parametere som ble funnet å gi realistiske modelleringsresultater.

Tabell 4.24: *Globale parametere*

Parameter	Verdi
Oppvarmingsperiode	5 min
Simulation step	0,85 s
Reaksjonstid	0,85 s
Reaksjonstid ved stopp	1,20 s

Det fremgår at det ble nyttet en forholdsvis kort oppvarmingsperiode på bare fem minutter. Dette skyldes at det ble observert at det kom for mye trafikk inn i nettverket ved starten av modelleringsperioden dersom oppvarmingsperioden var lengre.

Tabell 4.25 viser hvilke verdier for kjøretøyparametere som ble funnet å gi realistiske modelleringsresultater for de to kjøretøyklassene som ble nyttet i trafikmodelleringen.

Tabell 4.25: *Kjøretøyparametere*

Parameter	Gjennomsnitt	Avvik	Min	Max
Personbil				
Lengde	5,0	0,5	4,5	5,5
Bredde	2,0	0,0	2,0	2,0
Maksimal ønsket fart	110,0	10,0	80	150
Maksimal akselerasjon	3,0	0,2	2,6	3,4
Normal retardasjon	4,0	0,25	3,5	4,5
Maksimal retardasjon	6,0	0,5	5,0	7,0
Villighet til å akseptere fartsgrensen	1,1	0,1	0,9	1,3
Sensitivitetsparameter	1,0	0,0	1,0	1,0
Lastebil				
Lengde	7,5	2,0	6,0	10,0
Bredde	2,3	0,5	1,9	3,0
Maksimal ønsket fart	85,0	10,0	70,0	100,0
Maksimal akselerasjon	1,0	0,5	0,6	1,8
Normal retardasjon	3,5	1,0	2,5	4,8
Maksimal retardasjon	5,0	0,5	4,0	6,0
Villighet til å akseptere fartsgrensen	1,0	0,0	1,0	1,0
Sensitivitetsparameter	1,0	0,0	1,0	1,0

Det ble også angitt lokale lenkeparametere for hver enkelt lenke i nettverket. Ettersom nettverket består av svært mange lenker blir det for omfattende å gjengi alle lokale parametere i dette kapitlet. Justeringene som ble utført var primært knyttet til maksimalt tillatt hastighetsnivå på den enkelte lenke. Bortsett fra justeringene som ble gjort for lenkene rundt Sluppen bru, som vist i tabell 4.23, ble maksimal tillatt hastighet på de enkelte lenkene i nettverket stort sett satt lik fartsgrensen på stedet.

Ettersom det ble besluttet å fjerne vikepliktsskiltene i det vikepliktregulerte krysset og for tilfarten fra Tempeveien i rundkjøringen for å etterligne flettekjøringssituasjonen, ble det ikke utført særskilte justeringer på parameterne i vikepliktmodellen i AIMSUN. For de øvrige stedene i nettverket hvor vikepliktmodellen ble benyttet ble programmets standardverdier for vikepliktparameterne lagt til grunn.

4.2.5 Modelleringsresultater

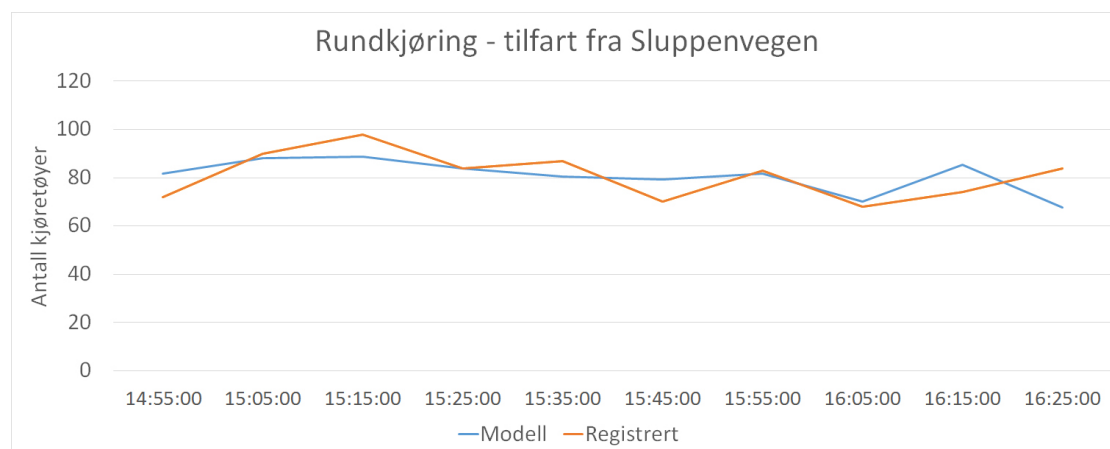
I det følgende vil det bli gitt en presentasjonen av resultatene fra modelleringen av trafikksituasjonen i studieområdet ved bruk av AIMSUN 8.1. Modelleringsresultatene vil bli sammenlignet med registreringene fra felt for å vurdere hvor godt trafikkmodellen representerer den observerte trafikkavviklingen. Det vil bli vurdert både om modelleringsresultatene er av en fornuftig størrelsesorden sammenlignet med observasjonene fra felt og hvorvidt de følger et realistisk variasjonsmønster. Modelleringen i AIMSUN 8.1 ble utført med 10 replikasjoner. Resultatene som gjengis i dette kapittelet er et gjennomsnitt av resultatene fra disse replikasjonene.

4.2.5.1 Trafikkmengder

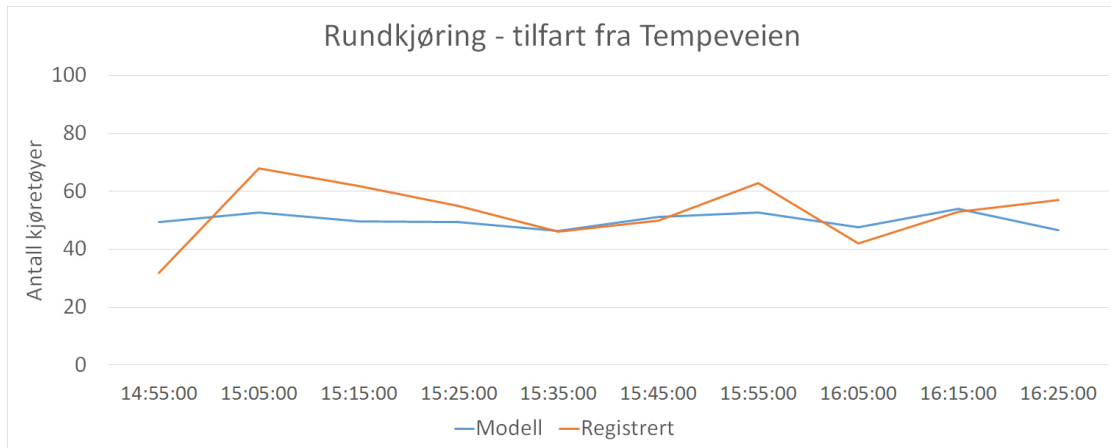
For å vurdere om modellen gir en fornuftig modellering av trafikkvariasjonene i løpet av modelleringsperioden ble det foretatt en sammenligning av registrerte og modellerte trafikkmengder i nettverket i løpet av modelleringsperioden. Dette ble gjort ved å plassere detektorer i modellnettverket på stedene som ble benyttet som tellesnitt under feltregistreringene og sammenligne antall kjøretøyer passerte detektorene under modelleringen med korresponderende tellinger fra virkeligheten. Modellerte og registrerte trafikkmengder ble sammenlignet på følgende steder i nettverket:

- På tilfarten fra Sluppenvegen i rundkjøring
- På tilfarten fra Tempeveien i rundkjøring
- På tilfarten fra Sluppenvegen i T-kryss
- På tilfarten fra E6 Omkjøringsvegen i T-kryss

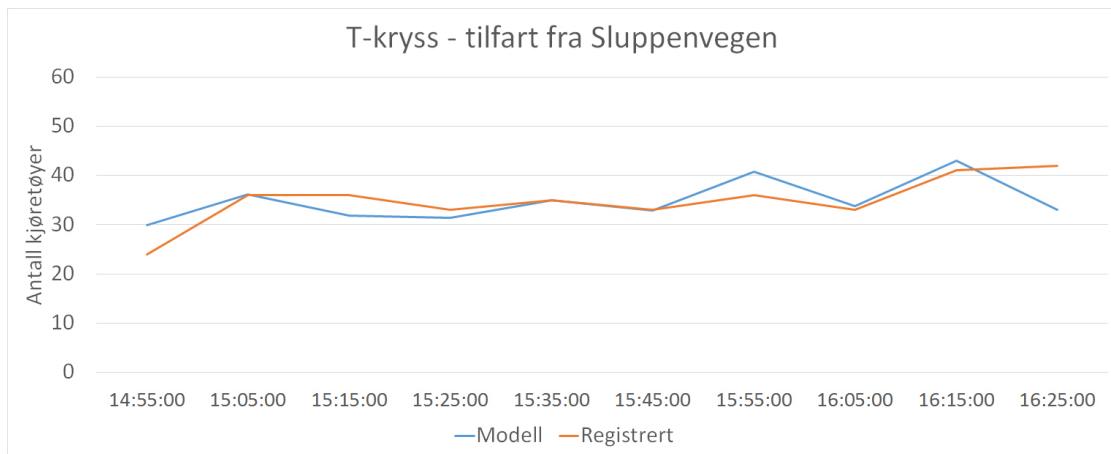
Figurene 4.21 til 4.24 viser modellerte og registrerte trafikkvolumer på disse tilfartene.



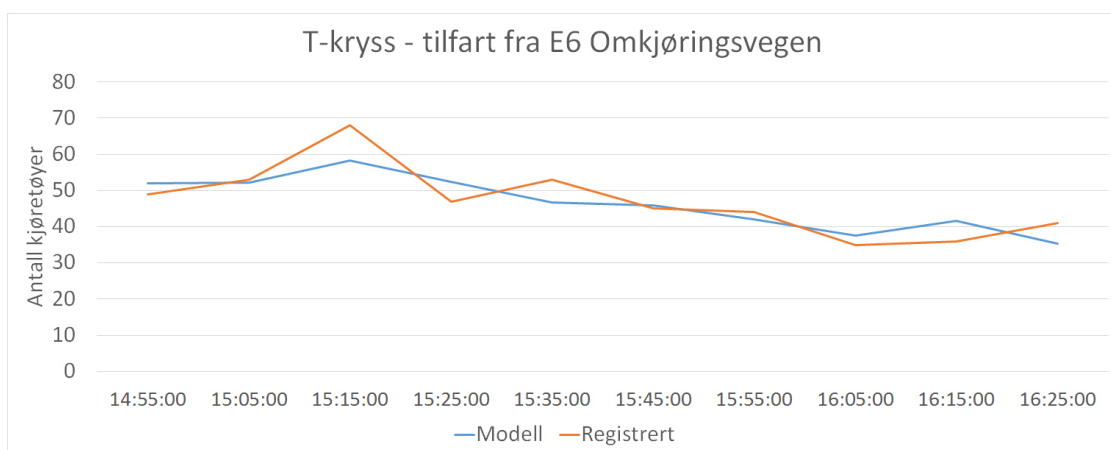
Figur 4.21: Modellert og registrert trafikk på tilfart fra Sluppenvegen i rundkjøring



Figur 4.22: Modellert og registrert trafikk på tilfart fra Tempeveien i rundkjøring



Figur 4.23: Modellert og registrert trafikk på tilfart fra Sluppenvegen i T-kryss



Figur 4.24: Modellert og registrert trafikk på tilfart fra E6 Omkjøringsvegen i T-kryss

Av figurene 4.21 til 4.24 fremgår at det generelt er godt samsvar mellom modellerte og registrerte trafikkvariasjoner på de ulike tilfartene. De største avvikene opptrer for tilfarten fra Tempevegen i rundkjøringen hvor det ble registrert noe høyere trafikkvolumer i starten av modelleringsperioden enn hva som blir modellert. Avvikene er imidlertid ikke så store at dette antas å ha vesentlig betydning for den modellerte trafikkavviklingen.

Foruten å gjennomføre en visuell sammenligning av de modellerte og registrerte trafikkvolumer ble det også gjennomført beregninger for å få et kvantitativt mål på hvor godt samsvar det var mellom modellerte og observerte trafikkmengder. For å gjøre dette ble det utført beregninger av såkalte GEH-verdier for hvert 15. minutt i modelleringsperioden. GEH-verdien er en empirisk størrelse som beskriver hvor godt samsvar det er mellom modellerte og registrerte trafikkmengder i løpet av en gitt tidsperiode (Vejdirektoratet 2010). Den er gitt ved uttrykket:

$$GEH = \sqrt{\frac{2 \times (M - C)^2}{M + C}}$$

Her er:

M = Modellert trafikkmengde i løpet av et tidsintervall omregnet til timestrafikk

C = Registrert trafikkmengde i løpet av et tidsintervall omregnet til timestrafikk

Tabell 4.26 angir tommelfingerregler for tolkning av beregnede GEH-verdier ved sammenligning av modellerte og registrerte trafikkstrømmer.

Tabell 4.26: Tommelfingerregler for tolkning av GEH-verdier (WISDOT 2014)

GEH < 5	Godt samsvar
5 < GEH < 10	Mulig modellfeil eller dårlige data
GEH > 10	Høy sannsynlighet for modellfeil eller dårlige data

Det ble det utført beregninger av GEH-verdier for hvert 20. minutt i modelleringsperioden for alle tilfartene. Det ble da oppnådd GEH-verdier på under 5 i alle tidsintervallene for alle tilfartene. Dette indikerer at det er et godt samsvar mellom de modellerte og de registrerte trafikkmengdene. En oversikt over de beregnede GEH-verdiene kan finnes i vedlegg H.

Alt i alt synes trafikkmodellen å gi realistiske modelleringer av trafikkmengdene i nettverket, som er godt i overensstemmelse med observasjonene fra felt.

4.2.5.2 Reisetider

Det ble foretatt en sammenligning av registrerte og modellerte reisetider i nettverket i løpet av modelleringsperioden. Som vist i kapittel 3.3.5 ble det registrert reisetider i felt for følgende reiseruter i nettverket:

- Fra munningen på tunellundergangen til utgangen av lyskrysset
- Fra vikelinjen på avkjøringsrampen til utgangen av lyskrysset
- Fra vikelinjen på tilfarten fra Tempeveien i rundkjøring til utgangen av lyskrysset

Som omtalt i kapittel 3.3.5 var det kun mulig å registrere reisetider i felt for deler av modelleringsperioden ettersom det manglet videoopptak fra Sluppen bru i store deler av perioden. Dermed var det kun være mulig å sammenligne modellert og registrert reisetid for deler av modelleringsperioden. Men ettersom det ble registrert reisetider både før og under rushtidsperioden anses de registrerte reisetidene å være tilstrekkelige for å få et godt inntrykk av om trafikkmodellen modellerer utviklingen i gjennomsnittlige reisetider gjennom nettverket på en realistisk måte.

Reisetidene i nettverket ble modellert i AIMSUN ved å definere egne ruter («subpaths») som tilsvarte strekningene hvor det ble foretatt registreringer av reisetid i felt, og deretter få AIMSUN til å registrere hvor lang tid et kjøretøy i gjennomsnitt brukte på å tilbakelegge disse rutene.

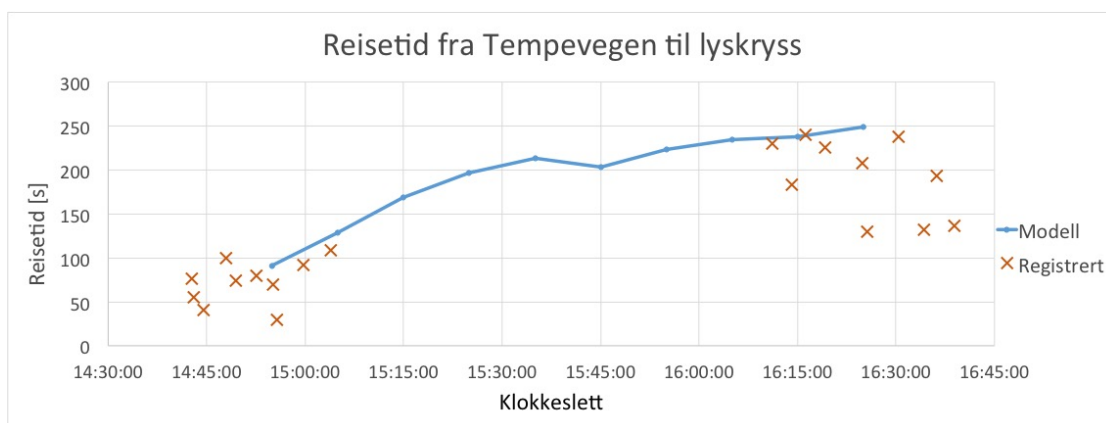
Figurene 4.25 til 4.27 viser modellert gjennomsnittlig reisetid for de tre traséene sammen med de registrerte reisetidene fra felt.



Figur 4.25: Modellert og registrert reisetid fra tunnelmunning til lyskryss



Figur 4.26: Modellert og registrert reisetid fra avkjøringsrampe til lyskryst



Figur 4.27: Modellert og registrert reisetid fra Tempeveien til lyskryst

Generelt synes det å være god overensstemmelse mellom registrert og modellert reisetid i nettverket. De modellerte reisetidene ligger stort sett innenfor variasjonsområdet til de registrerte reisetidene.

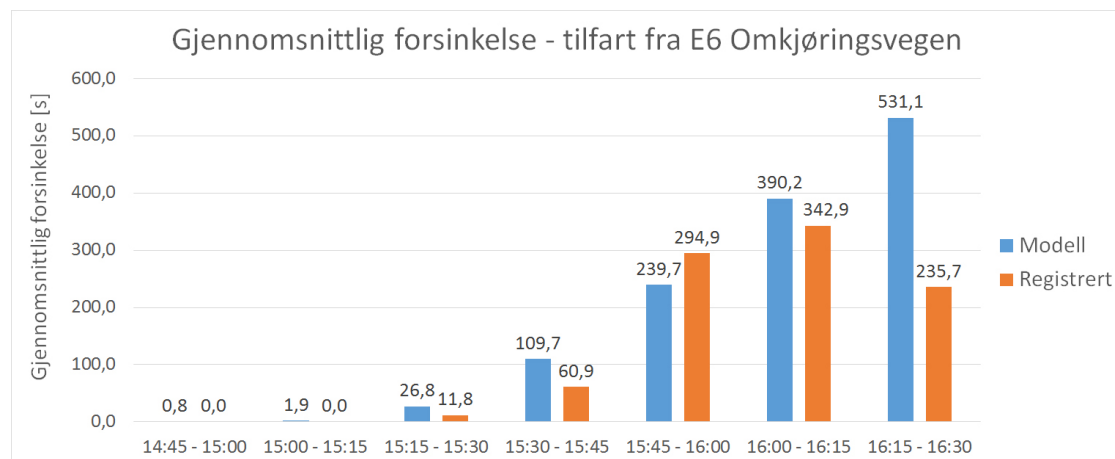
Basert på de registrerte reisetidene synes det å være en tendens til at AIMSUN beregner gjennomsnittlige reisetider som ligger noe høyere enn typisk reisetider i felt. Dette er det imidlertid vanskelig å si noe om med særlig sikkerhet ettersom det registrerte datagrunnlaget fra felt er såpass begrenset.

Alt i alt synes trafikkmodellen å gi realistiske resultater for beregnet reisetid i nettverket, som er godt i overensstemmelse med observasjonene fra felt.

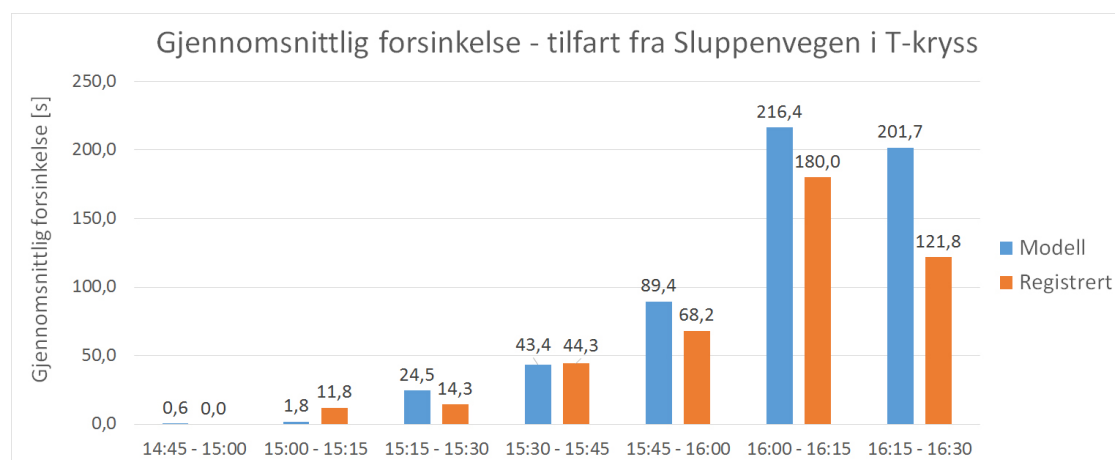
4.2.5.3 Gjennomsnittlig forsinkelse

Det ble foretatt sammenligning av registrerte og modellerte gjennomsnittlige forsinkelser i løpet av modelleringsperioden. Gjennomsnittlige forsinkelser i felt ble beregnet for kjøretøyene bak tilfartene fra Sluppenvegen og E6 omkjøringsvegen i det vikepliktregulerte krysset, samt for tilfarten fra Tempeveien i rundkjøringen.

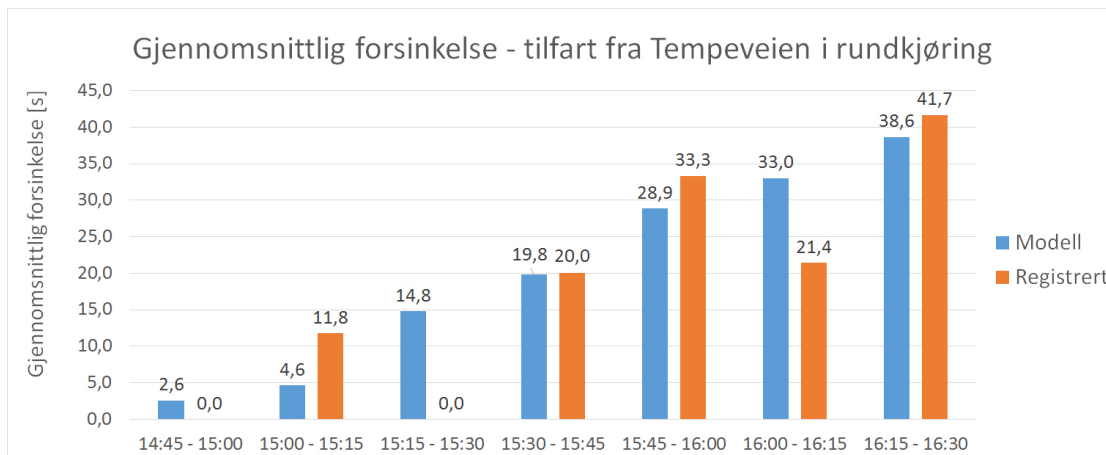
Gjennomsnittlige forsinkelser ble beregnet i AIMSUN ved å definere egne ruter («sub-paths») som omfattet veglenkene bak de aktuelle tilfartene og få deretter få AIMSUN til å registrere hvor lang forsinkelse som i gjennomsnitt påløp for kjøretøyene på disse rutene i løpet av modelleringsperioden. Figurene 4.28 til 4.30 viser modellert gjennomsnittlig forsinkelse for de tre tilfartene sammen med de registrerte gjennomsnittlige forsinkelsene fra felt.



Figur 4.28: Modellert gjennomsnittlig forsinkelse for tilfart fra E6 omkjøringsvegen



Figur 4.29: Modellert gjennomsnittlig forsinkelse for tilfart fra Sluppenvegen



Figur 4.30: Modellert gjennomsnittlig forsinkelse for tilfart fra Tempevegen

Av figurene fremgår det at det stort sett er et godt samsvar mellom modellerte og registrerte gjennomsnittlige forsinkelser på de tre tilfartene. For tilfarten fra Tempevegen i rundkjøringen beregner trafikmodellen forsinkelser som har samme størrelsesorden og variasjonsmønster som de registrerte forsinkelsene gjennom hele perioden.

For tilfartene fra E6 Omkjøringsvegen og Sluppenvegen i det vikepliktregulerte krysset beregner trafikmodellen forsinkelser som har samme størrelsesorden og variasjonsmønster som de registrerte forsinkelsene gjennom hele perioden med unntak av i det siste kvarteret fra klokken 16:15 til 16:30. Mens de registrerte forsinkelsene avtar i denne perioden sammenlignet med tidligere, fortsetter de modellerte forsinkelsene å stige. Ved å studere den animerte trafikkavviklingen i denne perioden ble det funnet at dette skyldtes at den observerte nedbyggingen av køene bak tilfartene i denne perioden ikke ble modellert riktig i trafikmodellen. For de fleste replikasjonene fortsatte de modellerte køene å vokse i flere minutter etter klokken 16:15, og det var først helt mot slutten av perioden at køene begynte å reduseres. Modellen brukte dermed lengre tid på å komme tilbake til en situasjon med normal avvikling enn hva som ble observert i felt.

Alt i alt synes likevel trafikmodellen å gi realistiske resultater for beregnet gjennomsnittlig forsinkelse, som er godt i overensstemmelse med observasjonene fra felt.

4.2.5.4 Vurdering av modelleringsresultater

Etter kalibrering og justering av nettverksmodellen i AIMSUN 8.1 ble det oppnådd modelleringsresultater med en størrelsesorden som stemte overens med observasjonene fra felt, og som fulgte et realistisk variasjonsmønster. Modellen synes således å gi en god og realistisk representasjon av trafikkforholdene i studieområdet.

4.3 Sammenligning av SIDRA INTERSECTON og AIMSUN

I dette kapitlet vil nettverksmodellene i SIDRA INTERSECTION 6.1 og AIMSUN 8.1 bli vurdert og sammenlignet mot hverandre basert på erfaringene som ble gjort ved modellering trafikk situasjonen i studieområdet. Modellene vil bli sammenlignet og vurdert både med hensyn til brukervennlighet og funksjonalitet. Hensikten er å gi et overordnet inntrykk av programmene styrker og svakheter i forhold til hverandre. Programmene vil ikke bli sammenlignet med hensyn på deres teoretiske grunnlag, da en slik sammenligning allerede er utført i kapittel 2.4.

Både SIDRA INTERSECTION 6.1 og AIMSUN 8.1 er brukervennlige programmer. Brukergrensesnittene er logisk oppbygget og enkle å forstå. Begge programmene kommer også med utførlige brukerveiledninger, som både gjennomgår hvordan programmene er oppbygget og hvordan de skal brukes.

I SIDRA INTERSECTION er prosessen med å opprette og konfigurere en nettverksmodell svært intuitiv og forholdsvis raskt gjennomført, da brukeren kan opprette modeller for kryssene i nettverket basert på forhåndsdefinerte maler i programmet og deretter koble disse sammen til et nettverk. I AIMSUN er prosessen noe mer møysommelig og tidkrevende, da brukeren vanligvis må tegne nettverket fra grunnen av i programmet. SIDRA INTERSECTION har således en oppbygning som i større grad legger til rette for å gjennomføre raske og effektive analyser enn AIMSUN.

I SIDRA INTERSECTION 6.1 gis brukeren et stort antall muligheter for å detaljtilpasse utformingen av de enkelte kryss i nettverket. Brukeren gis imidlertid få muligheter til å spesifisere geometrisk utforming, innsnevring, fartsvariasjoner eller lignende for lenkene mellom kryssene. Til sammenligning gir AIMSUN 8.1 brukeren mulighet til å detaljtilpasse utformingen i alle deler av nettverket og fartsnivået kan justeres individuelt for den enkelte veglenke. Brukeren har dermed bedre muligheter for å modellere komplekse nettverk med spesielle utforminger på andre steder enn i kryssområdene i AIMSUN enn i SIDRA INTERSECTION.

Kalibrering av nettverksmodellen mot observerte forhold var i denne oppgaven en rask og ukomplisert affære i SIDRA INTERSECTION. Ved å justere på parameterne som ble anbefalt brukt til kalibrering i programmets brukermanual gikk det forholdsvis raskt å oppnå modelleringsresultater som stemte godt overens med observasjonene fra felt. I AIMSUN var kalibreringsprosessen langt mer tidkrevende og komplisert, da det fantes en lang rekke parametere som det kunne være aktuelt å justere på. Det ble brukt

lang tid til prøving og feiling for å finne fornuftige kombinasjoner av parametere. Det stilles således høyere krav til brukeren for å oppnå en god modelltilpasning i AIMSUN sammenlignet med i SIDRA INTERSECTION.

Både i SIDRA INTERSECTION og AIMSUN ble det oppnådd modelleringsresultater som var godt i overensstemmelse med observasjonene i felt. Begge programmene syntes således å være i stand til å modellere trafikksituasjonen i studieområdet på en god måte. Det var imidlertid vesentlige forskjeller på modelleringsresultatene som ble produsert av de to programmene.

I SIDRA INTERSECTION 6.1 beregnes et rikholdig utvalg av modelleringsresultater som beskriver trafikkforholdene i de enkelte kryss i nettverket. Derimot produseres det få resultater som gir grunnlag for å vurdere trafikksituasjonen på lenkene mellom kryssene eller i nettverket som helhet. Som vist i kapittel 4.1.6 er dessuten de få resultatene som blir produsert for å beskrive trafikksituasjonen i nettverket av en svært overordnet og generell karakter. Til sammenligning gir AIMSUN brukeren mulighet til å samle inn et stort antall data for hver enkelt veglenke, node og svingebevegelse i nettverket. Brukeren kan også plassere ut detektorer på valgfrie steder i nettverket for innhenting av informasjon fra bestemte punkter, eller definere egne ruter for registrering av reisetid med mer. Mens det i SIDRA INTERSECTION kun ble beregnet modelleringsresultater for hele modelleringsperioden samlet, var det i AIMSUN også mulig å se hvordan ulike parametere varierte i løpet av modelleringsperioden. Resultatene fra AIMSUN gir således grunnlag for å utføre et bredere spekter av nettverksanalyser enn resultatene fra SIDRA INTERSECTION.

Oppsummert oppleves SIDRA INTERSECTION 6.1 som en svært brukervennlig trafikkmodell. Det ble oppnådd resultater som samsvarte godt med observasjoner i felt, noe som tyder på at programmet er i stand til å modellere trafikksituasjonen i et nettverk på en realistisk måte. Programmet bærer imidlertid et tydelig preg av å først å fremst være en modell for modellering av enkeltkryss. Brukeren har få muligheter til å detaljere utformingen av et nettverk på andre steder enn i kryssområdene. Det beregnes også et forholdsvis begrenset utvalg resultater som beskriver trafikksituasjonen i nettverket som helhet.

AIMSUN 8.1 oppleves på sin side som en mer helstøpt nettverksmodell, med høy fleksibilitet og et bredt bruksområde. Modellen stiller høyere krav til brukeren og er mer tidkrevende å bruke enn SIDRA INTERSECTION. Til gjengjeld kan programmet brukes til å modellere nesten alle typer trafikksituasjoner. Brukeren kan detaljere utformingen for alle deler av nettverket etter eget ønske, og programmet kan produsere et bredt utvalg modelleringsresultater fra hele nettverket.

5 Kapittel 5 Diskusjon og vurdering

5.1 Vurdering av nettverksmodellen

I dette kapittelet vil det bli diskutert nærmere hvor godt nettverksmodellen i SIDRA INTERSECTION 6.1 anses å være egnet til å modellere trafikksituasjonen i et vegnettverk med høye trafikkvolumer og lav avviklingskvalitet. Diskusjonen vil skje med utgangspunkt i erfaringer fra modelleringen av studieområdet i denne oppgaven. Det vil bli lagt særlig vekt på å belyse konkrete styrker og svakheter ved modellen.

SIDRA INTERSECTION ble funnet å være et svært brukervennlig program. Prosessen med å opprette en nettverksmodell for studieområdet var intuitiv og raskt gjennomført. Det var mulig å opprette detaljerte modeller av de ulike kryssene i studieområdet og programmet gav stort spillerom for å utføre tilpasninger av kryssmodellene slik at de passet best mulig overens med virkeligheten. Programmet opplevdes således å gi tilfredsstillende muligheter til å beskrive kryssene i nettverket på en god måte.

På den annen side ble det også erfart at programmet har vesentlige begrensninger med hensyn på å beskrive de øvrige deler av nettverket. Som tidligere nevnt har brukeren svært begrensede muligheter til å spesifisere utforming og egenskaper for lenkene mellom kryssene i et nettverk. Dette opplevdes som en svakhet ved modellering av studieområdet. For nettverket i studieområdet var det blant annet ønskelig å spesifisere geometri og fartsforhold for lenken mellom rundkjøringen og lyskrysset, da denne lenken ble observert å ha innsnevring og variasjoner i fartsnivå som påvirket trafikkavviklingen. Dette var det imidlertid ingen muligheter til å gjøre i nåværende versjon av programmet. Modellen opplevdes således å ha begrenset anvendelighet med hensyn på å beskrive og modellere nettverk med spesielle utforminger på andre steder enn i kryssområdene.

Ved uttesting av den nye nettverksmodellen ble det funnet at den fungerte godt med hensyn på å identifisere hvilke lenker i nettverket som fikk redusert kapasitet som følge av tilbakeblokkering fra nedstrøms tilfarter. I utgangspunktet syntes således den iterative modelleringsprosedyren å gi resultater som var i overensstemmelse med virkeligheten. På den annen side ble det også funnet indikasjoner på at nettverksmodellen ikke klarte

å beskrive trafikkavviklingen i studieområdet på en fullgod måte, da det måtte brukes urealistisk høye verdier for kritisk tidsluke og følgetid for tilfartene i det vikepliktregulerte krysset for å oppnå fornuftige modelleringsresultater.

Det ble også oppdaget at nettverksmodellen ikke tok hensyn til alle nettverkseffekter under beregningene. Ved beregning av kølengder bak tilfartene i kryssene i nettverket ble det for eksempel funnet at nettverksmodellen ikke tok hensyn til køforholdene i tilstøtende kryss, men i stedet behandlet hvert av kryssene uavhengig som separate enheter. Under modelleringen av studieområdet måtte det derfor kontrolleres manuelt at de beregnede kølengdene på ulike steder i nettverket ikke var i konflikt med hverandre. Modellen opplevdes således som noe mangelfull med hensyn på å fange opp vekselvirkninger mellom kryssene i nettverket.

Under modelleringen av trafikksituasjonen i studieområdet ble det funnet problematisk å modellere trafikkvariasjoner i nettverket. I modellen var det kun mulighet for å spesifisere trafikkvariasjoner individuelt for hvert av kryssene i nettverket ved bruk av parameteren «Peak Flow Factor». Dette viste seg å ha uheldige virkninger da kryssene ble koblet sammen til et nettverk. Da det ikke var anledning til å spesifisere når topperioden skulle inntreffe for de ulike kryssene i nettverket, ble topperioden modellert å inntreffe samtidig i alle kryssene. Dette gav urealistisk høye trafikkvolumer i nettverket i topperioden og urealistisk lave trafikkvolumer utenfor topperioden, ettersom topperiodene i virkeligheten oppstod på ulike tidspunkter i de forskjellige kryssene i nettverket.

For nettverket i studieområdet ble det funnet at de mest realistiske resultatene ble oppnådd når «Peak Flow Factor» ble satt lik 100% for alle svingebevegelser i alle kryssene i nettverket, slik at det ikke ble modellert topperioder for noen av kryssene. Dette til tross for at det ble observert tydelige trafikkvariasjoner i nettverket i løpet av modelleringsperioden i felt. Modellen opplevdes således mangelfull med hensyn på å modellere trafikkvariasjoner i nettverket.

Etter at «Peak Flow Factor» ble satt lik 100% for alle svingebevegelesene i nettverket var det imidlertid en lettfattelig og ukomplisert affære å kalibrere modellen mot observasjoner fra felt. Ved å justere på parameterne som ble anbefalt brukt til kalibrering i programmets brukermanual ble det raskt oppnådd modelleringsresultater som stemte godt overens med observasjonene fra felt. Med unntak av de nevnte svakheter knyttet til å modellere trafikkvariasjoner i nettverket opplevdes modellen således å være godt egnet til å beskrive trafikksituasjonen i studieområdet.

Etter at modelleringen av studieområdet var utført ble det beregnet et rikholdig utvalg resultater som beskrev trafikkforholdene i de enkelte kryssene i nettverket. Resultatene beskrev trafikkforholdene både for kryssene som helhet, samt for hver tilfart, hvert

kjørefelt og hver kjøretøybevegelse. Modellen opplevdes å være godt egnet både for å utførte overordnede analyser av trafikkforholdene i de enkelte kryss så vel som detaljerte analyser av spesifikke trafikkforhold i kryssene.

På den annen side ble det beregnet et svært begrenset utvalg resultater som gav grunnlag for å vurdere trafikksituasjonen på lenkene mellom kryssene eller i nettverket som helhet. De få resultatene som ble beregnet var dessuten av en svært overordnet og generell karakter, hvorav de fleste ble presentert grafisk og ikke i form av konkrete tallverdier. Modellen opplevdes således å være uegnet for å gjennomføre detaljerte analyser for disse delene av nettverket. For nettverket i studieområdet ville det for eksempel vært nyttig dersom programmet hadde beregnet modellerte reisetider langs lenkene i nettverket, slik at de registrerte reisetidene fra felt kunne blitt brukt til å validere modellen.

Oppsummert opplevdes SIDRA INTERSECTION 6.1 som en svært brukervennlig trafikkmodell. Det ble oppnådd resultater som samsvarte godt med observasjoner i felt, noe som tyder på at programmet er i stand til å modellere trafikksituasjonen i et nettverk med høye trafikkvolumer og lav avviklingskvalitet på en realistisk måte. Programmet bærer imidlertid et tydelig preg av å først og fremst være en modell for modellering av enkeltkryss. Brukeren har få muligheter til å detaljere utformingen av et nettverk på andre steder enn i kryssområdene. Det beregnes også et svært begrenset utvalg resultater som beskriver trafikksituasjonen i nettverket som helhet. I tillegg ble det funnet problematisk å modellere trafikkvariasjoner i nettverket, noe som ytterligere begrenser programmets egnethet til å utføre analyser av komplekse trafikksituasjoner.

Den nåværende utgaven av nettverksmodellen i SIDRA INTERSECTION anses å være egnet til å utføre enkle, overordnede analyser av små nettverk med enkel geometri og uten store trafikkvariasjoner. Modellen kan også være egnet for mer detaljerte analyser dersom hovedfokuset ligger på trafikkforholdene innad i kryssene i et nettverk. For detaljerte nettverksanalyser anses imidlertid modellen å være utilstrekkelig. For slike oppgaver bør man heller bruke etablerte og dedikerte nettverksmodeller som AIMSUN.

5.2 Forslag til forbedring av nettverksmodellen

Basert på erfaringene fra bruk av nettverksmodellen i SIDRA INTERSECTION anses følgende som viktige forbedringspunkter for at programmet skal kunne bli en bedre nettverksmodell i fremtiden:

- Ved utforming av en nettverksmodell bør brukeren gis anledning til å angi geometrisk utforming, innsnevring, fartsvariasjoner og lignende for lenkene mellom kryssene, slik at programmet også kan brukes til å modellere komplekse nettverk.
- Nettverksmodellen bør utvides slik kryssene i større grad modelleres som en integrert del av et nettverk og ikke som enkeltstående kryss. Ved beregning av modelleringsresultater for de enkelte kryss bør modellen i større grad ta hensyn til trafikksituasjonen i de øvrige delene av nettverket, slik at alle de beregnede modelleringsresultatene blir konsistente med hverandre.
- Modelleringsresultatene fra nettverksmodellen bør utvides til å omfatte et bredere utvalg av resultater for beskrivelse av trafikkforholdene på lenkene mellom kryssene i nettverket og for nettverket som helhet. I tillegg til grafiske fremstillinger bør det også beregnes numeriske resultater slik at resultatene også kan brukes til å utføre mer detaljerte analyser.
- Metoden som brukes til å modellere trafikkvariasjoner i nettverket bør forbedres. Dette kan gjøres ved å la brukeren mulighet til å angi når topperiodene i de ulike kryssene i nettverket skal inntreffe i løpet av modelleringsperioden. Det ville også vært en fordel om det hadde vært mulig å modellere flere topperioder i løpet av modelleringsperioden, slik at trafikkvariasjoner kunne blitt modellert med større nøyaktighet.

Bibliografi

- Aakre, A. (2014a), *Basic traffic terms and relations*.
- Aakre, A. (2014b), *Priority intersections - Forelesning 11.02.2014*.
- Aakre, A. (2014c), *SIDRA INTERSECTION - Forelesning 11.03.2014*.
- Aakre, A. (2014d), *Traffic simulation and AIMSUN - Forelesning 08.04.2014*.
- Aakre, E., Lenorzer, A. & Casas, J. (2014), *When Gap Acceptance Does Not Apply - A New Approach*.
- Akcelik, R. (2007), A review of gap-acceptance capacity models, *in '29th Conference of Australian Institutes of Transport Research (CAITR 2007)'*.
- Akcelik, R. (2015), *SIDRA INTERSECTION 6.1 USER GUIDE*.
- Alstad, S. (2012), *Modellering av rundkjøringer i aimsun*, Master's thesis, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU).
- Hjelkrem, O. A. & Bang, B. (2009), *Trafikksimulering Sluppen-Stavne - Beskrivelse av simuleringsmodell og resultater*, SINTEF Teknologi og samfunn.
- Johannessen, S. (1975), *Trafikkavvikling i forkjøringsregulerte kryss*, Institutt for samferdselsteknikk, NTH.
- Lay, M. G. (2009), *Handbook of Road Technology*.
- Myre, H. K. (2010), *Praktisk uttesting av sidra for å vurdere kapasitets- og avviklingsforhold i rundkjøringer*, Master's thesis, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU).
- Strøm, O. (2014), *Uttesting av modell for vikeplikt i aimsun*, Master's thesis, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU).
- Trafikkontoret (2005), *Mikrosimuleringsoppdrag - Håndledning för nöyda beställare och utförare*.

TSS (2014a), *Aimsun 8 Dynamic Simulators Users Manual*, Transport Simulation Systems, S.L.

TSS (2014b), *Aimsun 8 Users Manual*, Transport Simulation Systems, S.L.

Vegdirektoratet (1985), *Kapasitet i kryss - beregningsmetoder for ikke-signalregulerte kryss*.

Vejdirektoratet (2010), *Anvendelse av mikrosimuleringsmodeller*.

Wanty, D. (2011), *Modelling 1-5 intersections: Thoughts & Trends*, MWH New Zealand Limited.

WISDOT (2014), *Microsimulation Guidelines*, Wisconsin Department of Transportation.

Vedlegg

Vedlegg i rapporten

- A. Oppgavetekst
- B. Beskrivelse av metode for beregning av kølengder i lyskryss
- C. Gjennomgang av etterspørselsberegninger til SIDRA INTERSECTION
- D. Oversikt over tallgrunnlag for beregning av gjennomsnittlige kølengder
- E. Oversikt over tallgrunnlag for beregning av gjennomsnittlige forsinkelser
- F. Oversikt over tallgrunnlag for beregning av kapasitet
- G. Oversikt over tallgrunnlag for beregning av «Peak Flow Factor»
- H. Oversikt over beregnede GEH-verdier for modelleringen i AIMSUN

Digitale vedlegg

- Modellfiler fra SIDRA INTERSECTION 6.1 og AIMSUN 8.1 (finnes i katalogen «Trafikkmodeller»)
- Exceldokumenter med alle innsamlede data fra feltregistreringene (finnes i katalogen «Trafikkregistreringer»)
- Exceldokumenter brukt til beregning av inngangsdata til trafikkmodellene (finnes i katalogen «Inngangsdata»)

MASTEROPPGAVE

(TBA4945 Transport, masteroppgave)

VÅREN 2015
for
Kristoffer Åsen Røys

Modellering av nettverk i SIDRA INTERSECTION OG AIMSUN

BAKGRUNN

SIDRA INTERSECTION er en anerkjent modell for å vurdere kapasitets- og avviklingsforhold i ulike krysstyper. Modellen brukes i mange land i verden, og erfaring viser at det er rimelig god overensstemmelse mellom modell og virkelig trafikkavvikling.

Før versjon 6.0 var SIDRA INTERSECTION først og fremst en modell for å vurdere trafikkavvikling i enkeltstående kryss, og det har vært en svakhet med programmet. Særlig ved kryss som ligger nær hverandre så vil vi ofte få tilbakeblokkering slik at kryssene vil påvirke hverandre. Dette er en iterativ og relativt komplisert prosess som det kan være vanskelig å modellere. Muligheten til å modellere nettverk ble introdusert i versjon 6.0 og videreutviklet i versjon 6.1 som ble lansert i februar 2015.

AIMSUN er i utgangspunktet en mer anerkjent modell for å beskrive trafikkavvikling i et gatenett. AIMSUN er en detaljert simuleringsmodell som beskriver trafikken på mikronivå, men det finnes også en mesomodell.

OPPGAVE

Målsettingen med oppgaven er å beskrive og teste ut modellen for nettverksmodellering i SIDRA INTERSECTION. Modellen skal sammenlignes både med AIMSUN og med observasjoner i virkelig trafikk.

I den første delen skal kandidaten gi en grundig beskrivelse av SIDRA INTERSECTION med hovedvekt på modellering av kryss og nettverk. Dette er en nødvendig teoretisk bakgrunn for å forstå hvordan modellen fungerer og hvordan den skal brukes på riktig måte. SIDRA skal sammenlignes med AIMSUN, og det er naturlig at kandidaten også gir en god beskrivelse av AIMSUN modellen.

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 SIDRA INTERSECTION 6.1 og AIMSUN8.1. Modellene skal sammenlignes mot hverandre og i forhold til observasjoner ute i virkelig trafikk.

I den siste delen skal det diskuteres hvor god SIDRA INTERSECTION 6.1 er til å beskrive og vurdere trafikkavviklingen i et slikt nettverk. Det er viktig å få fram både styrker og svakheter med modellen. Det er også naturlig å vurdere dette i forhold til AIMSUN. Kandidaten skal også foreslå hvilke deler av SIDRA INTERSECTION som først og fremst bør videreutvikles for å bli en bedre nettverksmodell.

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 rapportskriving 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 i samarbeid med Statens vegvesen. Region Midt. Egen avtale om dette vil bli utarbeidet og underskrevet.

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 his SVV: Børge Bang

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

Underskrift



Faglærer

Beregning av kølengder mellom rundkjøring og lyskryss

I dette vedlegget vil det bli gjennomgått hvordan kølengdene mellom tilfarten fra Sluppenområdet i lyskrysset og rundkjøringen oppstrøms ble beregnet.

I lyskrysset ble det observert store kødannelser bak alle tilfartene. I mesteparten av registreringsperiodene var det imidlertid ikke mulighet til å registrere disse kølengdene direkte, ettersom køene strakk seg utenfor synsfeltet til kameraet ved Sluppen bru. Det var imidlertid mulig å registrere lengder for køen som strakk seg bakover fra lyskrysset mot rundkjøringen på tidspunkter da det fantes opptak både fra rundkjøringen og lyskrysset og hvor enden på køen var synlig på opptaket ved rundkjøringen. Da kunne kølengden registreres ved å notere hvilket kjøretøy som var sist i køen ved rundkjøringen, og deretter telle hvor mange kjøretøy som ankom lyskrysset før dette kjøretøyet.

Ved bruk av denne metoden var det mulig å registrere kølengder mellom lyskrysset og rundkjøringen fra opptakene på onsdag 4. mars i tidsrommene 15:20-15:25 og 16:10 til 16:25. Tabell B.1 viser kølengdene som ble registrert ved disse tidspunktene.

Tabell B.1: Registrerte kølengder bak tilfarten fra Sluppen i lyskrysset

Klokkeslett	Kølengde [kjt]
15:20	47
15:25	44
16:10	50
16:15	37
16:20	29
16:25	47

I utgangspunktet ville det også vært mulig å registrere kølengder i tidsrommet fra 15:25-16:10 på denne måten, da det stort sett gikk en sammenhengende kø fra lyskrysset til rundkjøringen gjennom hele denne perioden. Men ettersom det ikke ble utført opptak ved Sluppen bru i denne perioden var ikke dette mulig. Det var imidlertid mulig å beregne estimater på hvor mange kjøretøyer som stod i kø mellom lyskrysset og rundkjøringen ved å bruke følgende relasjon:

$$\begin{aligned}
 & \text{Kølengde ved periodens start} \\
 & + \text{antall kjøretøy som ankommer køen i perioden} \\
 & - \text{avviklet trafikk i lyskrysset i perioden} \\
 & = \text{Kølengde ved periodens slutt}
 \end{aligned}$$

Vedlegg B

Ved å ta utgangspunkt i kølengden bak lyskrysset som ble registrert klokken 15:25 kunne kølengden bak tilfarten fra Sluppen i lyskrysset beregnes iterativt for hvert femte minutt fra 15:30 til 16:10 ved bruk av denne relasjonen.

Antall kjøretøyer som ankom køen i løpet hvert tidsintervall på fem minutter satt lik antall kjøretøyer som ble registrert ut av rundkjøringen mot Sluppen bru i det samme tidsintervallet.

Da det ikke ble utført videoopptak i lyskrysset i perioden fra 15:30 til 16:10 manglet det informasjon om hvor mange kjøretøyer som ble avviklet i lyskrysset i løpet av hvert femte minutt i denne perioden. Avviklet trafikk i lyskrysset i denne perioden ble derfor bestemt eksperimentelt ved bruk av en prøve-og-feile-metode. Det ble da først antatt en gjennomsnittlig avvikling i lyskrysset i perioden fra 15:30 til 16:10, hvorpå det ble beregnet kølengder bak tilfarten fra Sluppen i lyskrysset for hvert femte minutt i perioden fra kl 15:25 til 16:30 ved bruk av relasjonen ovenfor. De beregnede kølengdene i perioden fra 16:10 til 16:25 ble deretter sammenlignet med de registrerte kølengdene på de samme tidspunktene for å vurdere om den antatte gjennomsnittlige trafikkavviklingen var fornuftig.

Tabell B.2 viser beregnede kølengder i perioden fra 16:10 til 16:25 med en gjennomsnittlig avvikling på 48, 49 og 50 kjøretøyer i lyskrysset i løpet av hvert femte minutt i perioden fra 15:30 til 16:10. For hver kølengde er det angitt i parentes hvor store avvik de beregnede kølengdene har fra de registrerte kølengdene i felt på samme tidspunkt.

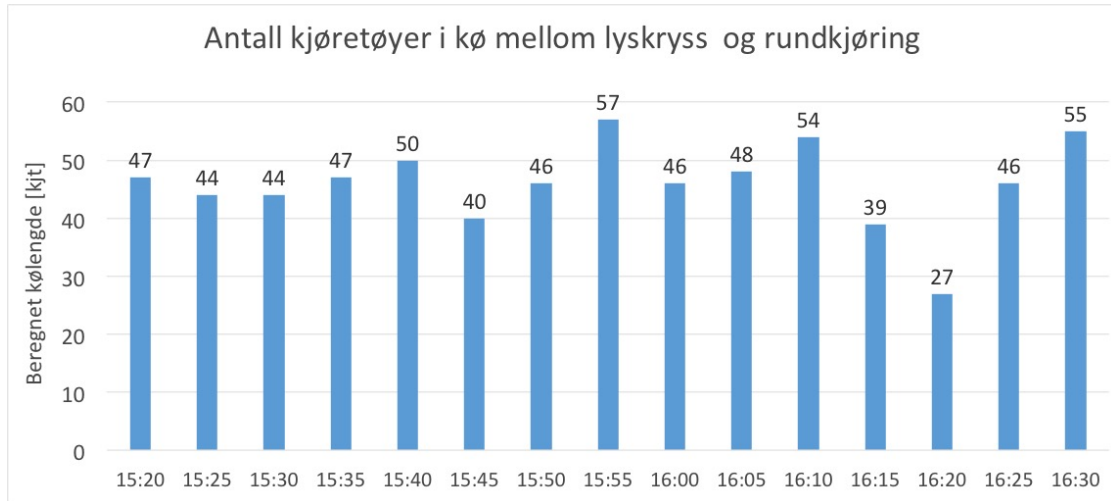
Tabell B.2: Beregnede kølengder for ulike avviklinger i lyskrysset

Klokkeslett	48 kjt / 5 min	49 kjt / 5 min	50 kjt / 5 min
16:10	62 (+12)	54 (+4)	46 (-4)
16:15	47 (+10)	39 (+2)	31 (-6)
16:20	35 (+6)	27 (-2)	39 (-10)
16:25	54 (+7)	46 (-1)	38 (-9)

Det fremgår at en gjennomsnittlig avvikling i lyskrysset på 49 kjøretøyer i løpet av hvert femte minutt i perioden fra 15:30 til 16:10 gir forholdsvis fornuftige anslag på kølengder. Det ble derfor valgt å bruke denne verdien i de videre beregningene.

Ved bruk av metoden som ble beskrevet i det foregående ble det beregnet en utvikling i kølengder bak tilfarten fra Sluppen i lyskrysset i perioden fra 15:20 til 16:30 som vist på figur B.1.

Vedlegg B



Figur B.1: Beregnede kølengder bak tilfart fra Sluppen i lyskryss

Beregning av etterspørsel til SIDRA INTERSECTION

I dette vedlegget vil det bli gitt en gjennomgang av hvordan etterspørselstall for bruk i nettverksmodellen i SIDRA INTERSECTION ble beregnet for hver av tilfartene i de ulike kryssene i nettverket.

I perioder med flyt i trafikkavviklingen vil etterspørselen være lik antallet kjøretøyer som blir avviklet i løpet av perioden. Derimot kan etterspørselen være ulik fra antallet kjøretøy som blir avviklet i perioder med mettede og overmettede trafikkforhold. Det kan da oppstå kødannelser bak tilfartene hvor man har metning, og de registrerte trafikkmengdene som går gjennom krysset vil være et uttrykk for tilfartens kapasitet, og ikke lik antallet kjøretøyer som etterspør å bruke tilfarten i løpet av perioden.

For å beregne etterspørsel i perioder med mettede og overmettede trafikkforhold må de registrerte trafikkmengdene sammenholdes med registrerte kølengder fra samme periode (Vejdirektoratet 2010). Dersom A er en tidsperiode hvor det er mettede trafikkforhold og kødannelser bak en gitt tilfart, N_A er antall kjøretøy som blir avviklet i tilfarten i løpet av perioden, q_{A1} er kølengden bak tilfarten ved periodens start og q_{A2} er kølengden bak tilfarten ved periodens slutt, vil etterspørselen Q_A for tilfarten i løpet av perioden A være gitt ved relasjonen:

$$Q_A = N_A + q_{A2} - q_{A1} = N_A + \Delta q_A$$

Med andre ord finnes etterspørselen som antall avviklede kjøretøy pluss endring i kølengde i løpet av perioden.

I perioden fra 15:30 til 16:30 var stort sett mettede forhold med kødannelser bak tilfartene i de tre kryssene i nettverket. Dermed måtte de registrerte trafikkmengdene fra kapittel 3.3.3 justeres med de registrerte kølengdene fra kapittel 3.3.4 for å finne etterspørselen. I det følgende vil det bli gjennomgått hvordan etterspørselstallene ble beregnet for hvert av kryssene i nettverket.

Vikepliktregulert kryss

I det vikepliktregulerte krysset ble det registrert til dels store kødannelser bak tilfartene fra E6 Omkjøringsvegen og Sluppenvegen. Dermed var det behov for å justere de registrerte trafikkmengdene fra disse tilfartene for å finne etterspørselen.

Etterspørselen for tilfarten fra E6 Omkjøringsvegen i det vikepliktregulerte krysset ble beregnet direkte basert de registrerte trafikkmengder og kølengder bak tilfarten, som omtalt i kapitlene 3.3.3 og 3.3.4. Tabell C.1 viser beregnet etterspørsel for tilfarten fra

Vedlegg C

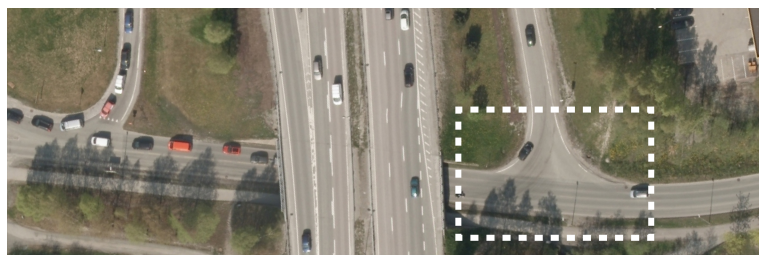
E6 omkjøringsvegen i det vikepliktregulerte krysset for hvert 15. minutt i perioden fra 15:30 til 16:30 .

Tabell C.1: Beregnet etterspørsel fra E6 Omkjøringsvegen i vikepliktregulert kryss

Fra E6 Omkjøringsvegen	Etterspørsel
15:30-15:45	80,0
15:45-16:00	66,0
16:00-16:15	60,0
16:15-16:30	65,0
Totalt	271

Etterspørselen for tilfarten fra Sluppenvegen i det vikepliktregulerte krysset ble beregnet basert på registrerte trafikkmengder fra tilfarten samt registrerte kølengder bak tilfarten fra Sluppenvegen i rundkjøringen som omtalt i kapitlene 3.3.3 og 3.3.4. I gjennomsnitt stod det 6 kjøretøyer i kø mellom rundkjøringen og T-krysset. Kølengdene bak tilfarten fra Sluppenveien i det vikepliktregulerte krysset ble således funnet ved å subtrahere 6 kjøretøyer fra de registrerte kølengdene bak rundkjøringen.

Dersom kølengden bak tilfarten fra Sluppenvegen i det vikepliktregulerte krysset ble lengre enn ca. 14 kjøretøyer, strakk køen seg forbi et nytt kryss med en påkjøringsrampe til E6 omkjøringsveien, som vist på figur C.1. I tilfeller hvor dette skjedde måtte det tas hensyn til at en del av kjøretøyene i køen ville kjøre ut av køen og inn på rampen istedenfor å fortsette frem til T-krysset .



Figur C.1: Påkjøringsrampe til E6 Omkjøringsvegen

Basert på en rapport fra SINTEF med data fra tidligere trafikktellinger i Sluppenområdet (Hjelkrem & Bang 2009) ble det estimert at 12% av bilistene som ventet i kø bak påkjøringsrampen ville kjøre ut av køen og inn på rampen før de ankom T-krysset. For å beregne korrekte etterspørselstall ble derfor de registrerte kølengdene som var lengre enn 14 kjøretøyer justert ved bruk av følgende formel:

Vedlegg C

$$q_{justert} = 14 + (q_{registrert} - 14) \times 0,88$$

Tabell C.2 viser beregnet etterspørsel for tilfarten fra Sluppenvegen i det vikepliktregulerte krysset for hvert 15. minutt i perioden fra 15:30 til 16:30.

Tabell C.2: Beregnet etterspørsel fra Sluppenvegen i vikepliktregulert kryss

Fra Sluppenvegen	Etterspørsel
15:30-15:45	58,0
15:45-16:00	42,0
16:00-16:15	89,2
16:15-16:30	47,8
Totalt	237

For tilfarten fra rundkjøringen i det vikepliktregulerte krysset ble det ikke observert nevneverdige kølengder i løpet av registreringsperioden. For denne tilfarten ble derfor de registrerte trafikkmengdene fra kapittel 3.3.3 brukt direkte som etterspørsel. Tabell C.3 viser beregnet etterspørsel for tilfarten fra rundkjøringen i det vikepliktregulerte krysset for hvert 15. minutt i perioden fra 15:30 til 16:30.

Tabell C.3: Beregnet etterspørsel fra rundkjøring i vikepliktregulert kryss

Fra rundkjøring	Etterspørsel
15:30-15:45	109,0
15:45-16:00	109,0
16:00-16:15	81,0
16:15-16:30	104,0
Totalt	403

Rundkjøring

I rundkjøringen ble det registrert kødannelser bak tilfartene fra Sluppenvegen og Tempevegen. Dermed var det behov for å justere de registrerte trafikkmengdene fra disse tilfartene for å finne etterspørselen.

Etterspørselen for tilfarten fra Sluppenvegen i rundkjøringen ble beregnet ved bruk av registrerte trafikkmengder fra tilfarten samt registrerte kølengder bakover på Sluppenveien og på avkjøringsrampen til E6 Omkjøringsvegen. Ettersom begge disse køene består av kjøretøy som ønsker å bruke tilfarten fra Sluppenvegen i rundkjøringen, måtte begge køene brukes i etterspørselsberegningene.

Vedlegg C

Tilsvarende som i det vikepliktregulerte krysset ble det også for rundkjøringen utført justeringer av kølengdene bakover på Sluppenveien i tilfellene hvor køen strakk seg forbi påkjøringsrampen til E6 Omkjøringsvegen. For køer lengre enn 20 kjøretøyer ble kølengden justert med formelen:

$$q_{justert} = 20 + (q_{registrert} - 20) \times 0,88$$

Tabell C.4 viser beregnet etterspørsel for tilfarten fra Sluppenvegen fordelt på ulike svingebevegelser i rundkjøringen for hvert 15. minutt i perioden fra 15:30 til 16:30. De registrerte svingeandelene i rundkjøringen fra kapittel 3.3.3 ble brukt for å avgjøre hvor store andeler av de registrerte kølengdene som skulle brukes for å justere etterspørselen for hver svingebevegelse.

Tabell C.4: Beregnet etterspørsel fra Sluppenvegen i rundkjøring

Fra Sluppenvegen	Venstre	Høyre
15:30-15:45	113,8	18,0
15:45-16:00	98,8	11,2
16:00-16:15	128,5	14,4
16:15-16:30	108,5	9,4
Totalt	450	53

Etterspørselen for tilfarten fra Tempevegen i rundkjøringen ble beregnet direkte basert de registrerte trafikkmengder og kølengder bak tilfarten, som omtalt i kapitlene 3.3.3 og 3.3.4. Tabell C.5 viser beregnet etterspørsel for tilfarten fra Tempevegen fordelt på ulike svingebevegelser i rundkjøringen for hvert 15. minutt i perioden fra 15:30 til 16:30. De registrerte svingeandelene i rundkjøringen fra kapittel 3.3.3 ble brukt for å avgjøre hvor store andeler av de registrerte kølengdene som skulle brukes for å justere etterspørselen for hver svingebevegelse.

Tabell C.5: Beregnet etterspørsel fra Tempevegen i rundkjøring

Fra Sluppenvegen	Venstre	Høyre
15:30-15:45	30,4	46,0
15:45-16:00	25,1	59,0
16:00-16:15	27,8	49,0
16:15-16:30	22,6	48,0
Totalt	106	202

Vedlegg C

For tilfarten fra Sluppen bru i rundkjøringen ble det ikke observert nevneverdige kølengder i løpet av registreringsperioden. For denne tilfarten ble derfor de registrerte trafikkmengdene fra kapittel 3.3.3 brukt direkte som etterspørsel. Tabell C.6 viser beregnet etterspørsel for tilfarten fra Sluppen bru fordelt på ulike svingebevegelser i rundkjøringen for hvert 15. minutt i perioden fra 15:30 til 16:30.

Tabell C.6: Beregnet etterspørsel fra Sluppen bru i rundkjøring

Fra Sluppenvegen	Rett frem	Høyre
15:30-15:45	23,0	79,0
15:45-16:00	20,0	85,0
16:00-16:15	12,0	56,0
16:15-16:30	16,0	81,0
Totalt	71	301

Signalregulert kryss

I det signalregulerte krysset ble det observert store kødannelser bak alle tilfartene. For tilfartene fra Romolslia og Marienborg i lyskrysset ble det imidlertid ikke registrert noen kølengder som ga grunnlag for å beregne etterspørsel for disse tilfartene. For disse tilfartene ble derfor registrert inngående trafikk brukt direkte som etterspørsel, uten noen justeringer. Dette gir ikke en helt riktig representasjon av trafikksituasjonen, men det anses å være tilstrekkelig nøyaktig for denne oppgaven da trafikken fra disse tilfartene hadde liten påvirkning på trafikkavviklingen i de øvrige delene av nettverket.

Da det manglet videoopptak fra Sluppen bru i store deler av modelleringsperioden ble trafikkmengden som gikk fra Romolslia og Marienborg til Sluppen estimert ved å ta utgangspunkt i den registrerte trafikkmengden som ankom rundkjøringen fra Sluppen bru. De registrerte svingeandelene i lyskrysset fra kapittel 3.3.3 ble så brukt for å estimere hvor stor andel av denne trafikkmengden som kom fra hver av de to tilfartene.

Trafikkmengden som gikk mellom Romolslia og Marienborg ble estimert ved å ta utgangspunkt i de registrerte trafikkmengdene mellom tilfartene fra periodene hvor det ble utført opptak ved lyskrysset. Basert på dette ble det funnet et anslag på hvor mange kjøretøyer som typisk gikk mellom disse tilfartene i løpet av 15 minutter, og dette ble brukt som grunnlag for å lage inngangsdata i modellen. Ettersom denne trafikkmengden vil ha minimal påvirkning på avviklingsforholdene i resten av nettverket anses dette å være et tilstrekkelig nøyaktig estimat for denne oppgavens formål

Vedlegg C

Tabellene C.7 og C.8 viser beregnet etterspørsel for tilfartene fra Marienborg og Romolslia fordelt på ulike svingebevegelser i det signalregulerte krysset for hvert 15. minutt i perioden fra 15:30 til 16:30.

Tabell C.7: Beregnet etterspørsel fra Marienborg i lyskryss

Fra Marienborg	Venstre	Rett frem
15:30-15:45	68	75
15:45-16:00	70	75
16:00-16:15	45	75
16:15-16:30	64	75
Totalt	247	300

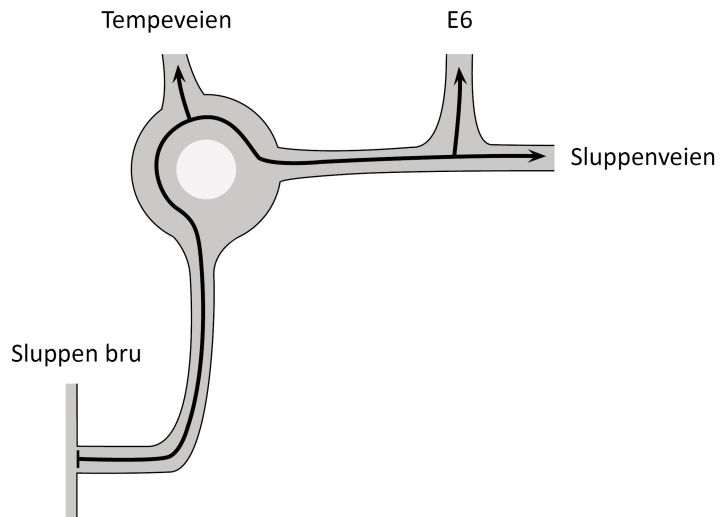
Tabell C.8: Beregnet etterspørsel fra Romolslia i lyskryss

Fra Romolslia	Rett frem	Høyre
15:30-15:45	57,5	34
15:45-16:00	57,5	35
16:00-16:15	57,5	23
16:15-16:30	57,5	33
Totalt	230	125

Etterspørselen for tilfarten fra Sluppen i lyskrysset ble beregnet basert på de estimerte trafikkmengdene som gikk gjennom krysset, samt beregnede kølengder bak tilfarten. Da det i løpet av hele modelleringsperioden stort sett stod én sammenhengende kø gjennom hele nettverket, måtte de registrerte kølengdene bak alle krysstillfartene i nettverket brukes for å finne riktig kølengde til beregning av etterspørsel for tilfarten fra Sluppen i det signalregulerte krysset. De registrerte køene bak tilfartene fra Tempevegen, Sluppenvegen og E6 Omkjøringsvegen ble da sett på som deler av én stor, sammenhengende kø som strakk seg bakover fra lyskrysset. Dette er illustrert på figur C.2.

Da ikke alle kjøretøyene som stod i kø bak tilfartene fra Tempevegen, Sluppenvegen og E6 Omkjøringsvegen ville ende opp med å svinge av mot Sluppen bru i rundkjøringen, ble de registrerte svingeandelene fra rundkjøringen brukt for å avgjøre hvor store deler av de registrerte køene bak disse tilfartene som skulle inngå i kølengden som ble brukt for å beregne etterspørsel for tilfarten fra Sluppen i lyskrysset.

Vedlegg C



Figur C.2: Samlet kølengde bak tilfarten fra Sluppen i lyskrysset

Tabell C.9 viser beregnet etterspørsel for tilfarten fra Sluppen fordelt på ulike svingebevegelser i det signalregulerte krysset for hvert 15. minutt i perioden fra 15:30 til 16:30.

Tabell C.9: Beregnet etterspørsel fra Sluppen i lyskryss

Fra Sluppen	Venstre	Høyre
15:30-15:45	56	105
15:45-16:00	55	102
16:00-16:15	62	115
16:15-16:30	47	88
Totalt	221	410

Beregning av gjennomsnittlige kølengder

Fra kl	Til kl	Kølengder i vikepliktregulert kryss	
		Fra Sluppenvegen	Fra E6 Omkjøringsveien
15:30:00	15:35:00	0	0
15:35:00	15:40:00	0	0
15:40:00	15:45:00	6	14
15:45:00	15:50:00	2	17
15:50:00	15:55:00	4	20
15:55:00	16:00:00	1	21
16:00:00	16:05:00	3	21
16:05:00	16:10:00	15,17	20,5
16:10:00	16:15:00	28,43	22,5
16:15:00	16:20:00	17,9	23
16:20:00	16:25:00	17,12	20
16:25:00	16:30:00	0	12
Gjennomsnittlig kølengde		7,9	15,9

Fra kl	Til kl	Kølengder i rundkjøring	
		Fra Sluppenvegen	Fra Tempeveien
15:30:00	15:35:00	0	0
15:35:00	15:40:00	0	4
15:40:00	15:45:00	20	1
15:45:00	15:50:00	19	5
15:50:00	15:55:00	24	0
15:55:00	16:00:00	22	4
16:00:00	16:05:00	24	3
16:05:00	16:10:00	35,67	2
16:10:00	16:15:00	50,93	1
16:15:00	16:20:00	40,9	8
16:20:00	16:25:00	37,12	2
16:25:00	16:30:00	12	0
Gjennomsnittlig kølengde		23,8	2,5

Fra kl	Til kl	Kølengder i lyskryss
		Fra Sluppen
15:30:00	15:35:00	47,0
15:35:00	15:40:00	52,5
15:40:00	15:45:00	58,2
15:45:00	15:50:00	65,9
15:50:00	15:55:00	78,1
15:55:00	16:00:00	67,9
16:00:00	16:05:00	71,0
16:05:00	16:10:00	86,6
16:10:00	16:15:00	84,4
16:15:00	16:20:00	68,0
16:20:00	16:25:00	79,9
16:25:00	16:30:00	65,6
Gjennomsnittlig kølengde		68,8

Vedlegg E

Beregning av gjennomsnittlig forsinkelse

Fra kl	Til kl	Vikepliktregulert kryss					
		Fra Sluppen			Fra avkjøringsrampe E6		
		Gj.sn. kølengde	Tot. forsinkelse [s]	Avviklede kjø	Gj.sn. kølengde	Tot. forsinkelse [s]	Avviklede kjø
15:30:00	15:35:00	0	0	19	0,0	0	24
15:35:00	15:40:00	0	0	17	0,0	0	26
15:40:00	15:45:00	6	1800	16	14,0	4200	19
15:45:00	15:50:00	2	600	16	17,0	5100	27
15:50:00	15:55:00	4	1200	20	20,0	6000	17
15:55:00	16:00:00	1	300	11	21,0	6300	15
16:00:00	16:05:00	3	900	22	21,0	6300	20
16:05:00	16:10:00	15,5	4650	25	20,5	6150	21
16:10:00	16:15:00	32,5	9750	16	22,5	6750	15
16:15:00	16:20:00	19	5700	20	23,0	6900	19
16:20:00	16:25:00	18	5400	22	20,0	6000	22
16:25:00	16:30:00	0	0	15	12,0	3600	29
Hele perioden		8,4	30300	219	15,92	57300	254
Gj.sn. forsinkelse		138,4			225,6		

Fra kl	Til kl	Rundkjøring					
		Fra Sluppenvegen			Fra Tempeveien		
		Gj.sn. kølengde	Total forsinkelse [s]	Avviklede kjø	Gj.sn. kølengde	Total forsinkelse [s]	Avviklede kjø
15:30:00	15:35:00	8	2400	45	0	0	25
15:35:00	15:40:00	0	0	41	4	1200	25
15:40:00	15:45:00	5	1500	29	1	300	25
15:45:00	15:50:00	26	7800	45	5	1500	27
15:50:00	15:55:00	25	7500	38	0	0	36
15:55:00	16:00:00	30	9000	27	4	1200	18
16:00:00	16:05:00	28	8400	41	3	900	24
16:05:00	16:10:00	30	9000	43	2	600	27
16:10:00	16:15:00	42	12600	31	1	300	26
16:15:00	16:20:00	61	18300	39	8	2400	27
16:20:00	16:25:00	48	14400	45	2	600	30
16:25:00	16:30:00	44	13200	49	0	0	15
Hele perioden		28,9	104100	473	2,5	9000	305
Gj.sn. forsinkelse		220,1			29,5		

Fra kl	Til kl	Lyskryss		
		Fra Sluppen		
		Gj.sn. kølengde	Total forsinkelse [s]	Avviklede kjø
15:30:00	15:35:00	47	14100	49
15:35:00	15:40:00	54	16200	49
15:40:00	15:45:00	61	18300	49
15:45:00	15:50:00	70	21000	49
15:50:00	15:55:00	81	24300	49
15:55:00	16:00:00	72	21600	49
16:00:00	16:05:00	75	22500	49
16:05:00	16:10:00	92	27600	49
16:10:00	16:15:00	95	28500	63
16:15:00	16:20:00	77	23100	62
16:20:00	16:25:00	86	25800	45
16:25:00	16:30:00	67	20100	47
Hele perioden		73,1	263100	609
Gj.sn. forsinkelse		432,0		

Beregning av kapasitet

Fra kl	Til kl	Vikepliktregulert kryss			
		Fra Sluppenveien		Fra avkjøringsrampe E6	
		Avviklede kjt	Kapasitet	Avviklede kjt	Kapasitet
16:00:00	16:05:00	22	249	20	225
16:05:00	16:10:00	25		21	
16:10:00	16:15:00	16		15	
16:15:00	16:20:00	20		19	

Fra kl	Til kl	Rundkjøring	
		Fra Sluppenveien	
		Avviklede kjt	Kapasitet
16:00:00	16:05:00	41	462
16:05:00	16:10:00	43	
16:10:00	16:15:00	31	
16:15:00	16:20:00	39	

Beregning av Peak Flow Factor

Vikepliktregulert kryss

Fra rundkjøring	Rett frem	
	Etterspørsel	PFF
15:30 - 15:45	109,0	92 %
15:45 - 16:00	109,0	
16:00 - 16:15	81,0	
16:15 - 16:30	104,0	

Fra E6 Omkjøringsvegen	Høyre	
	Etterspørsel	PFF
15:30 - 15:45	80,0	85 %
15:45 - 16:00	66,0	
16:00 - 16:15	60,0	
16:15 - 16:30	65,0	

Fra Sluppenveien	Rett frem	
	Etterspørsel	PFF
15:30 - 15:45	58	66 %
15:45 - 16:00	42	
16:00 - 16:15	89,2	
16:15 - 16:30	47,8	

Rundkjøring

Fra Tempeveien	Venstre		Rett frem	
	Etterspørsel	PFF	Etterspørsel	PFF
15:30 - 15:45	30,4	87 %	46,0	86 %
15:45 - 16:00	25,1		59,0	
16:00 - 16:15	27,8		49,0	
16:15 - 16:30	22,6		48,0	

Fra Sluppenveien	Venstre		Høyre	
	Etterspørsel	PFF	Etterspørsel	PFF
15:30 - 15:45	113,8	87 %	18,0	74 %
15:45 - 16:00	98,8		11,2	
16:00 - 16:15	128,5		14,4	
16:15 - 16:30	108,5		9,4	

Fra Sluppen Bru	Rett frem		Høyre	
	Etterspørsel	PFF	Etterspørsel	PFF
15:30 - 15:45	23,0	77 %	79,0	89 %
15:45 - 16:00	20,0		85,0	
16:00 - 16:15	12,0		56,0	
16:15 - 16:30	16,0		81,0	

Vedlegg G

Lyskryss

Fra Marienborg	Venstre		Rett frem	
	Etterspørsmål	PFF	Etterspørsmål	PFF
15:30 - 15:45	68		75	
15:45 - 16:00	70	89 %	75	100 %
16:00 - 16:15	45		75	
16:15 - 16:30	64		75	

Fra Sluppen	Venstre		Høyre	
	Etterspørsmål	PFF	Etterspørsmål	PFF
15:30 - 15:45	56		105	
15:45 - 16:00	55	89 %	102	89 %
16:00 - 16:15	62		115	
16:15 - 16:30	47		88	

Fra Romolslia	Rett frem		Høyre	
	Etterspørsmål	PFF	Etterspørsmål	PFF
15:30 - 15:45	57,5		34	
15:45 - 16:00	57,5	100 %	35	89 %
16:00 - 16:15	57,5		23	
16:15 - 16:30	57,5		33	

Beregnete GEH-verdier for trafikkmodelleringen i AIMSUN

T-kryss - tilfart fra Sluppenvegen

Fra kl	Til kl	Modellert trafikkvolum [veh/h]	Registrert trafikkvolum [veh/h]	GEH-verdi
14:45:00	15:05:00	396,72	360	1,888
15:05:00	15:25:00	379,2	414	1,747
15:25:00	15:45:00	407,4	408	0,030
15:45:00	16:05:00	447,6	414	1,619
16:05:00	16:25:00	456,6	498	1,895

T-kryss - tilfart fra E6 Omkjøringsvegen

Fra kl	Til kl	Modellert trafikkvolum [veh/h]	Registrert trafikkvolum [veh/h]	GEH-verdi
14:45:00	15:05:00	624,72	612	0,512
15:05:00	15:25:00	664,2	690	0,992
15:25:00	15:45:00	555	588	1,380
15:45:00	16:05:00	478,2	474	0,192
16:05:00	16:25:00	462,6	462	0,028

Rundkjøring - tilfart fra Sluppenvegen

Fra kl	Til kl	Modellert trafikkvolum [veh/h]	Registrert trafikkvolum [veh/h]	GEH-verdi
14:45:00	15:05:00	1020,12	972	1,525
15:05:00	15:25:00	1035,6	1092	1,729
15:25:00	15:45:00	958,8	942	0,545
15:45:00	16:05:00	912	906	0,199
16:05:00	16:25:00	918,6	948	0,962

Rundkjøring - tilfart fra Tempeveien

Fra kl	Til kl	Modellert trafikkvolum [veh/h]	Registrert trafikkvolum [veh/h]	GEH-verdi
14:45:00	15:05:00	306,24	300	0,358
15:05:00	15:25:00	297,3	351	2,983
15:25:00	15:45:00	292,8	288	0,282
15:45:00	16:05:00	301,2	315	0,786
16:05:00	16:25:00	302,4	330	1,552