

# Uttesting av modell for vikeplikt i AIMSUN

**Oddbjørn Strøm**

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: juni 2014

Hovedveileder: Arvid Aakre, BAT

Medveileder: Kyrre Gran, Sweco

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





Oppgavens tittel: Uttesting av modell for vikeplikt i AIMSUN	Dato: 10.06.2014		
	Antall sider (inkl. bilag): 122		
	Masteroppgave	X	Prosjektoppgave
Navn: Stud.techn. Oddbjørn Strøm			
Faglærer/veileder: Amanuensis Arvid Aakre, NTNU			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Kyrre Gran, Sweco Norge			

Ekstrakt:

Aimsun er en anerkjent modell for å vurdere trafikkavvikling i gatenett. I den nyeste versjonen av programmet er modellen for vikeplikt i ikke-signalregulerte kryss vesentlig endret. Hensikten med denne oppgaven er å teste ut denne modellen, slik at man får et bedre grunnlag for å kode slike kryss i Aimsun.

Vikepliktmodellen tar utgangspunkt i at tålmodigheten til en bilfører vil reduseres, jo lengre han må vente i en vikesituasjon. Etter en stund vil han bli mer villig til å utnytte seg av lavere sikkerhetsmargin for å kjøre inn i et kryss. De fire parameterne *Initial Safety Margin*, *Final Safety Margin*, *Initial GW Time Factor* og *Final GW Time Factor* lar brukeren få modellere dette i Aimsun.

For å vurdere disse parameterne er det i oppgaven sett på to rundkjøringer i Trondheim, på to ulike tidspunkter. Gjennomsnittlig kølengde og avviklet trafikkvolum blir brukt for å sammenligne resultatene som Aimsun produserer, mot observasjoner fra disse rundkjøringene.

Resultatene for oppgaven tyder på at ved å øke parameterverdiene på tilfarer med dårlig trafikkavvikling, og redusere verdiene for tilfarer med god trafikkavvikling, oppnår man resultater som stemmer bedre overens med de observerte tilstandene. Oppgaven tyder også på at man oppnår bedre resultater ved å justere på flere av parameterne samtidig.

To andre sentrale parameterne i vikepliktmodellen er *Visibility to Give Way* og *Visibility along Main Stream*. Disse parameterne avgjør hvor langt unna vikelinjen et kjøretøy er, før vikepliktmodellen blir igangsatt, og hvor langt et vikende kjøretøy ser langs hovedstrømmen. I oppgaven er det ikke kommet frem til hvordan disse påvirker resultatene, eller hvordan disse burde brukes.

Stikkord:

1. Aimsun
2. Vikeplikt
3. Trafikkmodellering
4. Sikkerhetsmargin
5. Tidsluke

(sign.)



## Forord

Denne rapporten er et resultat av mitt arbeid med masteroppgaven ved Institutt for Bygg, anlegg og transport, faggruppe Veg, transport og geomatikk ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU), våren 2014. Masteroppgaven er avslutningen på sivilingeniørutdanningen ved NTNU, og utføres i 10. semester.

Omfanget av oppgaven skal tilsvare en arbeidsbelastning på 30 studiepoeng. Mye av arbeidet har gått med til å sette seg inn i programmet, og som har ført til oppgavens omfang har blitt begrenset. Det er flere aspekter ved Aimsun som hadde vært interessant å se nærmere på.

En stor takk rettes til faglærer og veileder på masteroppgaven, amanuensis Arvid Aakre, som har vært til stor hjelp både ved formulering av oppgaven og faglige innspill underveis, samt hjelp til å skaffe nødvendig utstyr. Jeg vil også takke Kimme Arnesen og Kyrre Gran ved Sweco Norge, for tips om å ha Aimsun som tema, og for innspill til oppgaven. En takk rettes også til Kenneth Sundli ved NTNU, for hjelp til å få på plass lisens til Aimsun.

Til slutt vil jeg takke Hilde Kristine Myre, som utførte en masteroppgave ved NTNU i juni 2010. Hennes arbeid med å ta videoopptak av aktuelle rundkjøringer har spart meg for mye tid.

Alle relevante Excel- og AIMSUN-filer, samt videoopptak fra studieområdet, finnes som elektroniske vedlegg.

Trondheim, 10.06.14



Oddbjørn Strøm



## Sammendrag

Aimsun er en anerkjent modell for å vurdere trafikkavvikling i gatenett. I den nyeste versjonen av programmet er modellen for vikeplikt i ikke-signalregulerte kryss vesentlig endret. Hensikten med denne oppgaven er å teste ut denne modellen, slik at man får et bedre grunnlag for å kode slike kryss i Aimsun.

Vikepliktmodellen tar utgangspunkt i at tålmodigheten til en bilfører vil reduseres, jo lengre han må vente i en vikesituasjon. Etter en stund vil han bli mer villig til å utnytte seg av lavere sikkerhetsmargin for å kjøre inn i et kryss. De fire parameterne *Initial Safety Margin*, *Final Safety Margin*, *Initial GW Time Factor* og *Final GW Time Factor* lar brukeren få modellere dette i Aimsun.

For å vurdere disse parameterne er det i oppgaven sett på to rundkjøringer i Trondheim, på to ulike tidspunkter. Gjennomsnittlig kølengde og avviklet trafikkvolum blir brukt for å sammenligne resultatene som Aimsun produserer mot observasjoner fra disse rundkjøringene.

Resultatene for oppgaven tyder på at ved å øke parameterverdiene på tilfarer med dårlig trafikkavvikling, og redusere verdiene for tilfarer med god trafikkavvikling, oppnår man resultater som stemmer bedre overens med de observerte tilstandene. Oppgaven tyder også på at man oppnår bedre resultater ved å justere på flere av parameterne samtidig.

Oppgaven kommer frem til at *Initial* og *Final Safety Margin* burde ha verdier mellom 1 og 4 sekund, og at *Initial* og *Final GW Time Factor* burde ha verdier mellom 0,5 og 4. Datagrunnlaget i oppgaven er begrenset, og det er ikke funnet ut om resultatene kan generaliseres til andre lignende rundkjøringer.

To andre sentrale parameterne i vikepliktmodellen er *Visibility to Give Way* og *Visibility along Main Stream*. Disse parameterne avgjør hvor langt unna vikelinjen et kjøretøy er, før vikepliktmodellen blir igangsatt, og hvor langt et vikende kjøretøy ser langs hovedstrømmen. I oppgaven er det ikke kommet frem til hvordan disse påvirker resultatene, eller hvordan disse burde brukes.





## Summary

Aimsun is a recognized software program for traffic modelling in networks. In the latest version of the program, the gap-acceptance model for non-signalised intersections is changed significantly. The purpose of this master's thesis is to test this model, to provide a better basis for modelling such intersections in Aimsun.

The gap-acceptance model gives the user the opportunity to model the behaviour for a driver in a give-way situation. The model is based on that a driver will become more aggressive while waiting for a gap.

There are four central parameters in the gap-acceptance model: Initial Safety Margin, Final Safety Margin, Initial GW Time Factor and Final GW Time Factor.

Two roundabouts in Trondheim is used to assess these parameters, at two different times. Average queue length and traffic volumes are used to compare the results from Aimsun to the observations from these roundabouts.

The results of this thesis indicates that by increasing the values of the parameters for turning movements with reduced traffic flow, and reduce the values for turning movements with high traffic flow, the results from Aimsun are in better agreement with the observed conditions. The thesis also indicates that one achieve better results by adjusting several parameters simultaneously.

This master's thesis determines that Initial and Final Safety Margin should have values between 1 and 4 seconds, and the Initial and Final GW Time Factor should have values between 0.5 and 4. The data that is used in the thesis is limited and it is not found that the results can necessarily be generalized to other similar roundabouts.

In addition, there are two other parameters in the gap-acceptance model: Give Way Visibility and Visibility along Main Stream. In this thesis, there are not reached to figure out how these parameters affect the results, or how they should be used.



# Innholdsfortegnelse

<b>FORORD</b> .....	<b>III</b>
<b>SAMMENDRAG</b> .....	<b>V</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>VII</b>
<b>FIGURLISTE</b> .....	<b>XI</b>
<b>TABELLISTE</b> .....	<b>XII</b>
<b>1. INNLEDNING</b> .....	<b>1</b>
1.1. BAKGRUNN FOR OPPGAVEN .....	1
1.2. BEGRENSNINGER OG OMFANG .....	1
1.3. RAPPORTENS OPPBYGGING .....	2
1.4. BEGREPSAVKLARING .....	3
<b>2. TEORI OM TRAFIKKMODELLER OG VIKEPLIKT</b> .....	<b>5</b>
2.1. TRAFIKKMODELLER .....	5
2.2. TIDSLUKER OG TRAFIKKSTRØMMER .....	6
2.3. KRITISK TIDSLUKE OG FØLGETID .....	8
2.4. ESTIMERING AV TIDSLUKEPARAMETERE .....	9
2.5. DISTRIBUERING AV TIDSLUKER .....	9
<b>3. BESKRIVELSE AV AIMSUN</b> .....	<b>11</b>
3.1. OM AIMSUN GENERELT .....	11
3.2. NYE MULIGHETER I AIMSUN 8 .....	11
3.3. DYNAMISK SIMULERING I AIMSUN .....	13
3.4. INNDATA .....	14
3.5. GRUNNLEGGENDE MODELLERING I AIMSUN .....	15
3.6. MODELLERE RUNDKJØRINGER I AIMSUN .....	17
3.7. MODELLER I AIMSUN .....	19
3.8. VIKEPLIKT I AIMSUN .....	21
3.9. PARAMETERE SOM PÅVIRKER VIKEPLIKT OG TIDSLUKER .....	21
<b>4. VALIDERING OG KALIBRERING AV EN MODELL</b> .....	<b>29</b>
4.1. GENERELT OM VALIDERING OG KALIBRERING .....	29
4.2. SAMMENLIGNINGSPROSESSEN .....	30
4.3. PARAMETERE SOM BRUKES I KALIBRERINGSPROSESSEN .....	31
<b>5. BESKRIVELSE AV STUDIEOMRÅDET</b> .....	<b>33</b>
5.1. KRITERIER FOR STUDIEOMRÅDET .....	33
5.2. BEFARING .....	33
5.3. VALGTE STUDIEOMRÅDER .....	38
<b>6. DATAINNSAMLING</b> .....	<b>39</b>
6.1. NIDARVOLL .....	39
6.2. MOHOLT .....	40
6.3. INNSAMLET DATA .....	41

<b>7. RESULTATER FOR DATAINNSAMLING.....</b>	<b>43</b>
7.1. GEOMETRI.....	43
7.2. FOTGJENGERE .....	44
7.3. KOLLEKTIVTRANSPORT .....	46
7.4. TRAFIKKMENGDER.....	46
7.5. KØLENGDER.....	48
7.6. KRITISK TIDSLUKE OG FØLGETID .....	50
<b>8. MODELLERING I AIMSUN .....</b>	<b>53</b>
8.1. INNDATA .....	53
8.2. UTDATA .....	54
8.3. RESULTATER FOR DATASETT 1 .....	55
<b>9. KALIBRERING AV MODELLEN.....</b>	<b>59</b>
9.1. EFFEKTER AV Å ENDRE GIVEWAY-PARAMETERE .....	59
9.2. KALIBRERING AV MODELLEN .....	67
9.3. RESULTATER FOR DATASETT 1 MED KALIBRERING .....	70
9.4. RESULTATER FOR DATASETT 2 .....	72
<b>10. OPPSUMMERING OG VURDERING.....</b>	<b>75</b>
10.1. OPPSUMMERING OG VURDERING AV DATAINNSAMLINGEN .....	75
10.2. OPPSUMMERING OG VURDERING AV MODELLERINGEN I AIMSUN .....	78
10.3. OPPSUMMERING OG VURDERING AV KALIBRERINGSPROSESSEN .....	80
10.4. OPPSUMMERING OG VURDERING AV VIKLEPPLIKTPARAMETERNE I AIMSUN.....	81
10.5. VIDERE ARBEID .....	85
<b>BIBLIOGRAFI .....</b>	<b>87</b>
<b>VEDLEGG.....</b>	<b>89</b>
<b>VEDLEGG 1: OPPGAVEBESKRIVELSE .....</b>	<b>91</b>
<b>VEDLEGG 2: ETTERSPURTE TRAFIKKMENGDER, NIDARVOLL 09.03.10.....</b>	<b>95</b>
<b>VEDLEGG 3: ETTERSPURTE TRAFIKKMENGDER, NIDARVOLL 22.03.10.....</b>	<b>97</b>
<b>VEDLEGG 4: ETTERSPURTE TRAFIKKMENGDER, MOHOLT 24.03.10 .....</b>	<b>99</b>
<b>VEDLEGG 5: ETTERSPURTE TRAFIKKMENGDER, MOHOLT 04.07.10 .....</b>	<b>101</b>
<b>VEDLEGG 6: TEST AV PARAMETERE, KØLENGDER FOR NIDARVOLL.....</b>	<b>103</b>
<b>VEDLEGG 7: TEST AV PARAMETERE, AVVIKLET TRAFIKKMENGDE NIDARVOLL .....</b>	<b>105</b>
<b>VEDLEGG 8: TEST AV PARAMETERE, KØLENGDER FOR MOHOLT .....</b>	<b>107</b>
<b>VEDLEGG 9: TEST AV PARAMETERE, AVVIKLET TRAFIKKMENGDE MOHOLT .....</b>	<b>109</b>

## Figurliste

FIGUR 1 – AVSTAND MELLOM TO ETTERFØLGENDE KJØRETØY I EN BILFØLGEMODELL.....	6
FIGUR 2 – TRAFIKKSTRØMMER, FORKJØRSVEG I ØST-VEST-AKSEN.....	7
FIGUR 3 – REGRESJONSMETODE FOR Å FINNE KRITISK TIDSLUKE OG FØLGETID .....	9
FIGUR 4 – GRUNNLEGGENDE MODELLERING AV NETTVERK I AIMSUN .....	16
FIGUR 5 – STREKNINGER SOM DANNER EN RUNDKJØRING.....	18
FIGUR 6 – FERDIG RUNDKJØRING .....	18
FIGUR 7 – GAP-ACCEPTANCE MODEL.....	20
FIGUR 8 – MAPPE FOR REAKSJONSTID .....	22
FIGUR 9 – GIVE WAY-PARAMETERE.....	24
FIGUR 10 – SAMMENHENG MELLOM VIKEPLIKTPARAMETERE.....	25
FIGUR 11 – VISIBILITY TO GIVE WAY.....	26
FIGUR 12 – VISIBILITY ALONG MAIN STREAM .....	26
FIGUR 13 – PROSJEKTMENY .....	27
FIGUR 14 – MAXIMUM GIVE WAY TIME.....	28
FIGUR 15 – VALIDERING OG KALIBRERINGSPROSESSEN .....	29
FIGUR 16 – OVERSIKT OVER AKTUELLE STUDIEOMRÅDER.....	34
FIGUR 17 – VURDERT STUDIEOMRÅDE 1: VALENTINLYST.....	35
FIGUR 18 – VURDERT STUDIEOMRÅDE 2: SJETNEMARKA .....	36
FIGUR 19 – VURDERT STUDIEOMRÅDE 3: NIDARVOLL .....	37
FIGUR 20 – VURDERT STUDIEOMRÅDE 4: MOHOLT.....	38
FIGUR 21 – STUDIEOMRÅDE NIDARVOLL .....	39
FIGUR 22 – STUDIEOMRÅDE MOHOLT .....	40
FIGUR 23 – GEOMETRISKE MÅL VED NIDARVOLL .....	43
FIGUR 24 – GEOMETRISKE MÅL VED MOHOLT .....	44
FIGUR 25 – TIDSLUKER FOR NIDARVOLL, SLUPPENVEGEN, 09.03.10 .....	51
FIGUR 26 – TIDSLUKER FOR MOHOLT, JONSVANNSVEIEN ØST, 24.03.10.....	51
FIGUR 27 – TIDSLUKER FOR MOHOLT, JONSVANNSVEIEN VEST, 24.03.10 .....	52
FIGUR 28 – OD-MATRISER.....	53
FIGUR 29 – FORSKJELLER I RESULTAT FOR ULIKT ANTALL REPLIKASJONER.....	55
FIGUR 30 – GJENNOMSNIITTLIGE KØLENGDER, INITIAL SAFETY MARGIN .....	60
FIGUR 31 – AVVIKLET TRAFIKKMENGDE, INITIAL SAFETY MARGIN.....	60
FIGUR 32 – GJENNOMSNIITTLIGE KØLENGDER, FINAL SAFETY MARGIN .....	61
FIGUR 33 – AVVIKLET TRAFIKKMENGDE, FINAL SAFETY MARGIN .....	62
FIGUR 34 – GJENNOMSNIITTLIGE KØLENGDER, FINAL GW TIME FACTOR .....	63
FIGUR 35 – AVVIKLET TRAFIKKMENGDE, FINAL GW TIME FACTOR .....	63
FIGUR 36 – GJENNOMSNIITTLIGE KØLENGDER, VISIBILITY TO GIVE WAY .....	64
FIGUR 37 – AVVIKLET TRAFIKKMENGDE, VISIBILITY TO GIVE WAY .....	65
FIGUR 38 – GJENNOMSNIITTLIGE KØLENGDER, VISIBILITY ALONG MAIN STREAM.....	66
FIGUR 39 – AVVIKLET TRAFIKKMENGDE, VISIBILITY ALONG MAIN STREAM.....	66

## Tabelliste

TABELL 1 – ULIKE TRAFIKKMODELLER.....	5
TABELL 2 – OVERSIKT OVER FILMOPPTAK, NIDARVOLL .....	40
TABELL 3 – OVERSIKT OVER FILMOPPTAK, MOHOLT .....	41
TABELL 4 – ANTALL FOTGJENGERE, NIDARVOLL 09.03.10 .....	45
TABELL 5 – ANTALL FOTGJENGERE, NIDARVOLL 22.03.10 .....	45
TABELL 6 – ANTALL FOTGJENGERE, MOHOLT 24.03.10 .....	45
TABELL 7 – ANTALL FOTGJENGERE, MOHOLT 07.04.10 .....	46
TABELL 8 – AVVIKLET TRAFIKKMENGDE, NIDARVOLL 09.03.10, 15:30 – 16:30 .....	47
TABELL 9 – AVVIKLET TRAFIKKMENGDE, NIDARVOLL 22.03.10, 15:30 – 16:30 .....	47
TABELL 10 – AVVIKLET TRAFIKKMENGDE, MOHOLT 24.03.10, 07:30 – 08:30 .....	48
TABELL 11 – AVVIKLET TRAFIKKMENGDE, MOHOLT 07.04.10, 07:30 – 08:30 .....	48
TABELL 12 – KØLENGDER, NIDARVOLL 09.03.10 .....	48
TABELL 13 – KØLENGDER, NIDARVOLL 22.03.10 .....	49
TABELL 14 – KØLENGDER, MOHOLT 24.03.10 .....	49
TABELL 15 – KØLENGDER, MOHOLT 07.04.10 .....	50
TABELL 16 – VALGTE PARAMETERE FOR BUSSRUTER, NIDARVOLL.....	54
TABELL 17 – VALGTE PARAMETERE FOR BUSSRUTER, MOHOLT .....	54
TABELL 18 – FORSKJELLER PÅ RESULTAT FOR FORSKJELLIGE REPLIKASJONER I AIMSUN.....	54
TABELL 19 – AIMSUN, AVVIKLET TRAFIKKMENGDER, NIDARVOLL, 09.03.10 .....	56
TABELL 20 – AIMSUN, GJENNOMSNITTLIGE KØLENGDER, NIDARVOLL, 09.03.10 .....	56
TABELL 21 – AIMSUN, AVVIKLET TRAFIKKMENGDER, MOHOLT, 24.03.10 .....	57
TABELL 22 – AIMSUN, GJENNOMSNITTLIGE KØLENGDER, MOHOLT, 24.03.10 .....	57
TABELL 23 – KALIBRERING AV VIKEPLIKTMODELL, NIDARVOLL .....	68
TABELL 24 – KALIBRERING AV VIKEPLIKTMODELL, MOHOLT .....	69
TABELL 25 – OBSERVERTE MOT BEREGNET AVVIKLET TRAFIKK, NIDARVOLL, 09.03.10 .....	70
TABELL 26 – OBSERVERTE MOT BEREGNEDE KØLENGDER, NIDARVOLL, 09.03.10 .....	70
TABELL 27 – OBSERVERT MOT BEREGNET AVVIKLET TRAFIKK, MOHOLT, 24.03.10 .....	71
TABELL 28 – OBSERVERTE MOT BEREGNEDE KØLENGDER, MOHOLT, 24.03.10 .....	71
TABELL 29 – OBSERVERT MOT BEREGNET AVVIKLET TRAFIKK, NIDARVOLL, 22.03.10.....	72
TABELL 30 – OBSERVERTE MOT BEREGNEDE KØLENGDER, NIDARVOLL, 22.03.10 .....	73

# 1. Innledning

## 1.1. Bakgrunn for oppgaven

Ved utforming av nye vegstrekninger og kryssløsninger, er det ofte nødvendig å gjøre en analyse av dagens trafikksituasjon, og hvordan en fremtidig trafikksituasjon vil være. Denne analysen kan gjøres ved bruk av trafikkmodeller, både manuelle metoder og dataprogrammer. Ved bruk av slike dataprogrammer kan man relativt enkelt modellere dagens og fremtidig trafikksituasjoner, og få nøyaktige resultater. Samtidig er det viktig å huske på at ingen modeller er perfekte, siden all modellering er basert på forenkling.

I byer og tettsteder vil kø og forsinkelse i stor grad henge sammen med utforming og regulering av kryss. For å løse slike problemer er det viktig at modeller gir en realistisk beskrivelse av trafikkavviklingen. For å få gode resultater er man avhengig av god kvalitet på inndata, og at brukeren har gode kunnskaper om det teoretiske grunnlaget, virkemåten og begrensninger med modellen. Det er også viktig å vurdere usikkerhet og følsomhet, og det vil alltid være behov for kalibrering og validering av en modell (Aakre, Generelt om trafikkmodeller, 2014).

Aimsun er en anerkjent modell for å beskrive trafikkavvikling. Det er i utgangspunktet en detaljert simuleringsmodell som beskriver trafikken på mikronivå, men den finnes også i forenklet form på meso- og makronivå. I versjon 8 av programmet er metoden for å simulere vikeplikt i ikke-signalregulerte kryss vesentlig endret. Hensikten med denne oppgaven er å teste ut denne modellen for vikeplikt, for å kunne få et bedre grunnlag for å kode slike kryss.

## 1.2. Begrensninger og omfang

For å kunne gjennomføre oppgaven har det vært nødvendig å bruke mye tid på å lære seg og sette seg inn i modellen. Dette er blitt gjort gjennom å lese de ulike brukermanualene, og prøve ut ulike funksjoner i modellen. Aimsun er en omfattende simuleringsmodell, med mange muligheter og en rekke parametere. Oppgavens målsetting begrenser seg i hovedsak til funksjoner som brukes ved modellering av ikke-signalregulerte kryss og parametere som påvirker vikeplikt. I tillegg har det vært nødvendig å lære seg og forstå andre deler av programmet, som ikke beskrives i denne rapporten.

Det har vært ønskelig å se nærmere på flere deler av programmet, som meso- og makrosimuleringene. På grunn av tidsmessige årsaker har dette ikke blitt sett nærmere på. Aimsun er hovedsakelig en mikrosimuleringsmodell, og oppgaven begrenser seg derfor til å kun se på den.

For å kunne komme med generelle anbefalinger er det nødvendig å ha et bredt datagrunnlag. Å finne relevante studieområder har tatt mye tid, og har vist seg vanskeligere enn forventet. Det har også vært ønskelig å begrense seg til områder i nærheten av Trondheim, som har gjort at utvalget har blitt mindre. For å spare tid, er det valgt å gjenbruke videoopptak som er gjort i 2010. Det har medført at man ikke har hatt kunnskap om det som skjer utenfor det man ser, slik at registrering av noen parametere har blitt problematisk.

Aimsun er et engelskspråklig program. De engelske ordene og uttrykkene er derfor beholdt slik at man skal lettere skjønne hvilke parametere man snakker om. For å unngå misforståelser er de engelske ordene også skrevet med kursiv skrift. Flere av trinnene for kodingen i Aimsun er beskrevet grundig i rapporten, men det forventes at leseren har en grunnleggende forståelse og erfaring med programmet.

### **1.3. Rapportens oppbygging**

Opgaven består av fire hoveddeler, som presenteres i kapitlene 2-9 i rapporten.

Første del av oppgaven presenteres i kapitlene 2, 3 og 4, og gir en beskrivelse av Aimsun med hovedvekt på hvordan vikeplikt kan modelleres. Som bakgrunn har man sett på trafikkteknisk teori om trafikkmodeller og vikeplikt. Kapittel 2 vil forklare kort om ulike typer trafikkmodeller, og mer utdypende om ulike parametere som benyttes for å forklare vikeplikt. Videre i kapittel 3 blir det først gitt en generell beskrivelse av Aimsun og hvilke nye muligheter man har, før man forklarer mer inngående hvordan ulike modeller i programmet virker. Avslutningsvis i kapitlet blir det forklart hvordan man koder i programmet, og hvilke parametere som påvirker vikepliktmodellen. I kapittel 4 beskrives prosessen rundt kalibrering og validering av en modell, og hvordan dette er gjort i oppgaven.

Andre del av oppgaven består i å finne relevante studieområder, og samle inn et datagrunnlag som skal brukes videre. Kapittel 5 beskriver hva slags studieområder som har blitt vurdert, og hvorfor man valgte rundkjøringer på Nidarvoll og Moholt som studieområde. Kapittel 6 beskrives studieområdene mer inngående, og hva slags parametere som er innsamlet, mens kapittel 7 presenterer resultatene for datainnsamlingen.

Opgavens tredje del er å modellere kryssene i Aimsun. Hvordan dette er gjort er kort forklart i kapittel 8. I samme kapittel blir også resultatene for modelleringen presentert, samt at resultatene sammenlignes med observert trafikkavvikling. Vedlagt oppgaven finnes Aimsun-filene for de to studieområdene, hvis man ønsker å se nærmere på hva som har blitt gjort.

Siste del av oppgaven er består i å oppsummere hva slags erfaringer man har tilegnet seg med å modellere vikeplikt i Aimsun. Dette beskrives i kapittel 9. I tillegg diskuteres



resultatet, og feilkilder som kan ha påvirket dette. Til slutt vil man komme med generelle anbefalinger på hvordan vikepliktmodellen bør brukes i Aimsun.

#### 1.4. Begrepsavklaring

Ulike begreper og sammenhenger, som for eksempel trafikkvolum, hastighet og tetthet, blir ofte brukt for å forklare hvordan trafikken flyter på vegen og om førerens oppførsel. I trafikkmodeller er derfor disse begrepene viktige å ha klart definert for å kunne gi modellen korrekt inndata, og for å kunne tolke resultatene som modellen produserer. Nedenfor vil trafikktekniske begreper som brukes i oppgaven kort forklares.

##### Trafikkvolum

Trafikkvolum ( $q$ ), også kalt trafikkmengde, defineres som antall kjøretøy per tidsenhet. Benevnningen er vanligvis  $\text{kjt/time}$ , men man kan også bruke andre tidsenheter. I mange sammenhenger er det lønnsomt å se på kortere perioder for å vurdere kvaliteten på trafikkavviklingen. Dette er på grunn av at det ofte vil være stor variasjon på trafikken i løpet av korte tidsperioder. Det er også vanlig å skille mellom tunge og lette kjøretøy når man oppgir trafikkvolum (Aakre & Haugen, Basic traffic terms, definitions and relations part 1, 2013).

##### Hastighet

Hastighet ( $u$ ) uttrykker hvor langt man beveger seg per tidsenhet. Benevnningen er vanligvis  $\text{km/t}$  eller  $\text{m/s}$ .

##### Tetthet

Tetthet ( $k$ ) defineres som antall biler per lengdeenhet av vegen. Enheten er vanligvis  $\text{kjt/km}$ .

Sammenhengen mellom trafikkvolum, tetthet og gjennomsnittlig strekningshastighet er definert som:

$$q = k * u$$

##### Tidsluker

Tidsluker er et mål i tid for avstanden mellom to kjøretøy, og oppgis vanligvis i sekunder. Tidsluker tar ikke hensyn til lengden på kjøretøyene, og måles derfor fra front til front. På engelsk kalles dette for *headway*. Ved mange formål, for eksempel for å unngå kollisjon, er det mer nyttig å se på den målte tiden mellom bakenden på foregående kjøretøy til fronten på etterfølgende kjøretøy. Dette kalles *gap* på engelsk, men på norsk kalles dette også for en tidsluke, eventuelt kun luke (Aakre & Haugen, Basic traffic terms, definitions and relations part 2, 2013).

$$Gap = Headway - \frac{Kjøretøylengde}{Hastighet}$$

## **Kapasitet**

Kapasitet på et vegelement kan bli definert som den maksimale trafikkmengden som er mulig å passere en punkt eller en strekning i løpet av en spesifikk tidsperiode for de aktuelle veg-, trafikk- og kontrollforholdene (Aakre & Haugen, Basic traffic terms, definitions and relations part 2, 2013). Ut fra denne definisjonen kan man si at kapasitet ikke vil være en konstant verdi, men er en dynamisk verdi i forhold til tid og sted. Kapasitet blir også påvirket av mange parametere som kjøreadferd, geometri, andel tunge kjøretøy og svingebevegelser i kryss.

I et kryss vil kapasitet også bli påvirket av de ulike trafikkstrømmene, og i stor grad av hvilken trafikkstrøm som har prioritet. Trafikkmengden og fordelingen av tidsluker i hovedstrømmen vil avgjøre kapasiteten til de andre trafikkstrømmene.

Hvis trafikkmengden er større enn kapasiteten til en vegstrekning eller et kryss, vil man få overmetning. En overmetning vil føre til køer, forsinkelser og dårlig kvalitet på trafikkavviklingen (Aakre & Haugen, Basic traffic terms, definitions and relations part 2, 2013).

## 2. Teori om trafikkmodeller og vikeplikt

I dette kapittelet vil det kort forklares forskjellene på ulike trafikkmodell. Deretter vil man se nærmere på vikeplikt og trafikkstrømmer, for så å ta for seg parameterne kritisk tidsluke og følgetid, som brukes senere i oppgaven for å vurdere parametere i vikepliktmodellen i Aimsun.

### 2.1. Trafikkmodeller

Trafikkmodeller er enten basert på simulering eller analyser. Disse kan igjen deles inn i tre detaljeringsnivå: mikroskopiske, mesoskopiske og makroskopiske modeller. Grovt sett deles de opp av at mikromodellering krever høy detaljnivå og ser kun på korte tidsrom, mens makromodeller kan utspilles over et lengre tidsrom, og har lavere detaljeringskrav. En oversikt over ulike typer modeller vises i Tabell 1 (Haugen, 2013).

Tabell 1 - Ulike trafikkmodeller

Type	Detaljeringsnivå		
	Makroskopisk	Mesoskopisk	Mikroskopisk
Simulering	Saturn Transyt Scates	Contram	Aimsun Cube Dynasim Paramics Sidra Trip Vissim
Analytisk	Arcady Rodel	HCS (U.S. Highway Capacity Software)	Sidra Intersection

Makroskopiske modeller er basert på trafikkstrømmer, og tar utgangspunkt i trafikkvolum, hastighet og tetthet. Ut fra dette regner man med gjennomsnittlig oppførsel for førerne. Mikroskopiske modeller er basert på individuelle kjøretøy og førere. Det tar utgangspunkt i detaljert beskrivelse av samhandlingen mellom kjøretøy, og blir vanligvis brukt i trafikksimuleringer. Mesoskopiske modeller er basert på grupper av kjøretøy, og er en mellomting mellom makroskopiske og mikroskopiske modeller (Aakre & Haugen, Traffic Flow Theory - Part 1 Macroscopic models, 2013).

#### Makroskopiske modeller

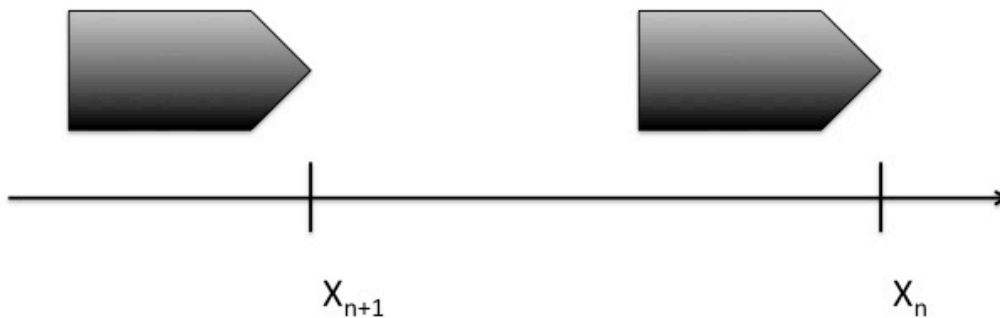
Det finnes mange forskjellige makroskopiske trafikkmodeller. Felles for disse er at de vanligvis tar utgangspunkt i forholdet mellom hastighet og tetthet,  $u = u(k)$ , samt det fundamentale forholdet  $q = u * k$  (Aakre & Haugen, Traffic Flow Theory - Part 1 Macroscopic models, 2013).

Eksempler på makroskopiske modeller er Greenshield, Greenberg, Underwood, Northwestern og Munjal Pipes, og det finnes oppdelte modeller som tar for seg ulike deler av hastighet-tetthet-forholdet (Aakre & Haugen, Traffic Flow Theory - Part 1 Macroscopic models, 2013).

### Mikroskopiske modeller

En mikroskopisk modell ser på individuelle kjøretøy og førere, og beskriver hvordan man kjører og samhandler med andre kjøretøy. Den beskriver også hvordan kjøretøy følger etter hverandre i en kø.

En bilfølgemodell er et typisk eksempel på en mikroskopisk modell. Den forklarer hvordan et kjøretøy forholder seg til kjøretøyet foran, og beskriver hvordan det reagerer når det foregående kjøretøyet endrer adferd. En av de mest grunnleggende bilfølgemodellene beskriver akselerasjonen og retardasjonen til en etterfølgende bil, og blir forklart gjennom hastighetsdifferansen mellom de to kjøretøyene. I tillegg kan man ta hensyn til andre parametere som sensitiviteten til bilføreren, og avstanden mellom kjøretøyene.



Figur 1 - Avstand mellom to etterfølgende kjøretøy i en bilfølgemodell

I bilfølgemodeller måles avstanden mellom to etterfølgende biler fra front til front, mellom  $X_n$  og  $X_{n+1}$  som vist i Figur 1. Denne avstanden er en grunnleggende faktor for å kunne finne hastighet og akselerasjon til den bakerste bilen, i tillegg til tidsdifferansen.

I tillegg til bilfølgemodeller finnes det flere eksempler på mikroskopiske modeller. Disse kan ta utgangspunkt i feltbytte, vikeplikt og aksept av tidsluker.

### 2.2. Tidsluker og trafikkstrømmer

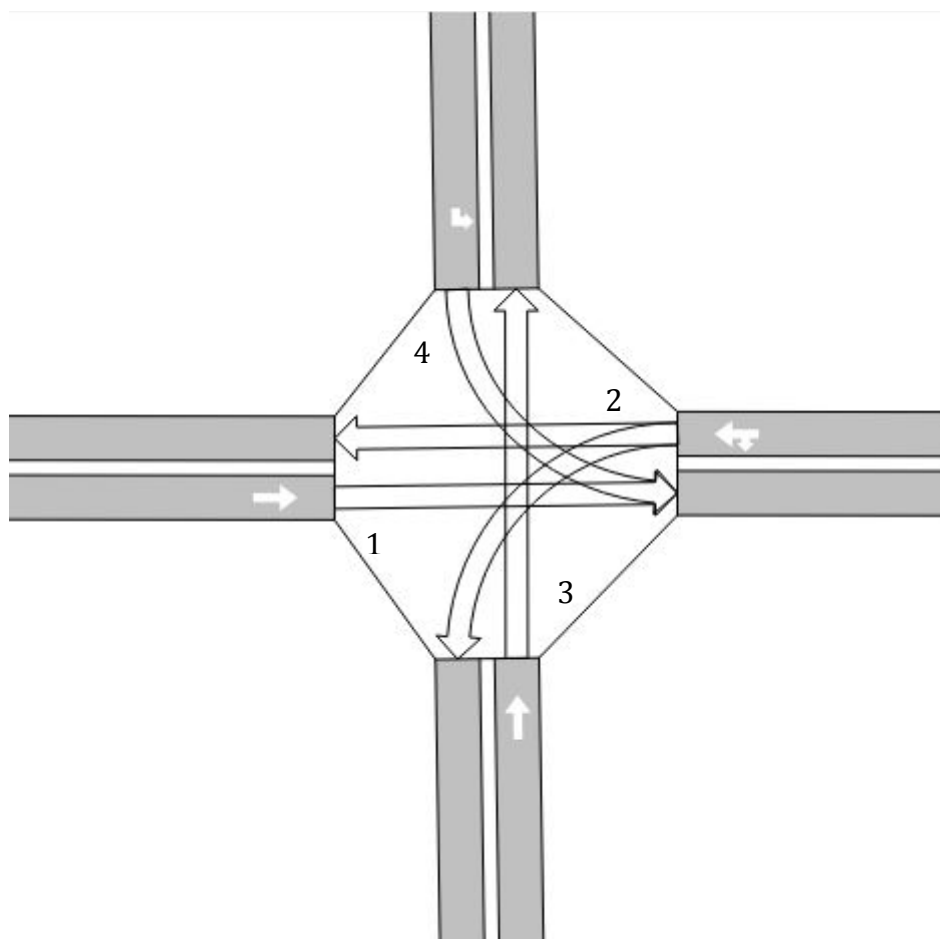
Et usignalisert kryss gir ingen indikasjoner eller styring til en bilfører når det er trygt å entre krysset. Han får ingen signal eller varsel, men må selv ta avgjørelsen. En fører vil se etter en trygg mulighet, en luke i trafikken for å entre krysset. Denne teknikken blir kalt for *gap acceptance*, aksept for tidsluker (Troutbeck & Brilon, 1997).

Det kan være nyttig å dele opp prosessen rundt tidsluker i to grunnleggende elementer. Det første er hvor stor en tidsluke på være, for at en fører skal velge å bruke den. Det andre er distribueringen av tidsluker, hvor ofte denne størrelsen er tilgjengelig for en fører mens han venter på å entre krysset.

En tredje element for usignaliserte kryss er at interaksjonen mellom trafikkstrømmene må anerkjennes og respekteres. I alle usignaliserte kryss vil det være et hierarki av trafikkstrømmer. Noen av disse strømmene vil ha absolutt prioritet, mens andre må vike for strømmer med høyere prioritet. I noen tilfeller finnes det strømmer som må vike for strømmer som igjen må vike for noen andre. Et eksempel på dette er høyreregulerte kryss. Ofte er det nyttig å dele opp de ulike trafikkstrømmene med ulike nivåer av prioritet (Troutbeck & Brilon, 1997):

- trafikkstrøm 1 – absolutt prioritet og trenger ikke vike for noen
- trafikkstrøm 2 – må vike for strøm 1
- trafikkstrøm 3 – må vike for strøm 2 og 1
- trafikkstrøm 4 – må vike for strøm 3, 2 og 1.

Et firearmet forkjørsryss, som vist i Figur 2, er et eksempel på hvor man finner alle disse strømmene. Trafikkstrømmen i hovedvegen som skal rett frem vil være trafikkstrøm 1. De som skal svinge til venstre i hovedvegen vil være trafikkstrøm 2. Disse må vike for de motgående kjøretøyene i hovedvegen. Trafikk som skal rett frem i sidevegen er et eksempel på trafikkstrøm 3. Disse må vike for både trafikkstrøm 1 og 2. Et eksempel på trafikkstrøm 4 vil være de som skal svinge til venstre fra sidevegen. Disse må vike for alle andre trafikkstrømmer.



Figur 2 - Trafikkstrømmer, forkjørsveg i øst-vest-aksen

I de fleste usignaliserte kryss vil det være tre, fire eller flere trafikkstrømmer med interaksjon. Rundkjøringer og flettefelt er de eneste eksemplene hvor man finner kun to trafikkstrømmer som påvirker hverandre. Men siden en forståelse for hvordan to trafikkstrømmer påvirker hverandre, vil gi en basis for å skjønne hvordan et kryss med flere trafikkstrømmer fungerer, vil det videre i oppgaven bli lagt vekt på kryss med kun to interagerende trafikkstrømmer.

### 2.3. Kritisk tidsluke og følgetid

Tidsluketeori tar utgangspunkt i å definere hvor stor grad bilførere kan utnytte en luke av en viss lengde eller varighet. Dette gjelder både hvor stor en luke må være før en fører kjører inn i den, men også hvor mange førere som har mulighet til å kjøre inn i samme luke av en viss størrelse.

Den minste tidsluken som alle førere på en underordnet trafikkstrøm er forventet å bruke i alle lignende kryss blir kalt kritisk tidsluke. I følge modeller som forklarer kjøreadfærd vil ingen bilførere kjøre inn i et kryss hvis tidsluken mellom to kjøretøy i en høyere prioritert strøm er mindre enn kritisk tidsluke,  $t_c$  (Troutbeck & Brilon, 1997).

En annet begrep innenfor tidsluketeorien er følgetid,  $t_f$ . Man antar at flere førere vil ha mulighet til å kjøre inn i et forkjørs-kryss fra en underordnet veg i større tidsluker. Følgetid blir dermed definert som lengden på tidsluken for kjøretøy nummer 2, 3, ... , n som kjører inn i et kryss.

I de fleste teoriene som blir brukt for usignaliserte kryss, antar man at bilførere er både konsistente og homogene. Det er forventet at en konsistent fører alltid vil oppføre seg på samme måte i alle like situasjoner. Man forventer altså ikke at han vil avvise en tidsluke, for deretter å akseptere en mindre tidsluke. I en homogen populasjon forventer man at alle bilførere vil oppføre seg på samme måte (Troutbeck & Brilon, 1997). I en virkelig situasjon vil det være urealistisk å forvente at bilførere vil være konsistente og homogene, men det vil være en nødvendig forenkling for å kunne enkelt modellere trafikk.

Kritisk tidsluke og følgetid blir påvirket av flere parametere ved hovedstrømmen. Ved høy hastighet på hovedvegen vil kritisk tidsluke og følgetid blir lengre. Dette gjelder også hvis den geometriske utformingen av krysset er komplisert eller om det er store avstander, og om den underordnede strømmen må krysse flere prioriterte trafikkstrømmer. Ved kryssing av flere trafikkstrømmer kan det også være at de ulike strømmene krever ulik lengde på kritisk tidsluke. Siden man kun ser på to trafikkstrømmer i oppgaven, slipper man å ta hensyn til dette.

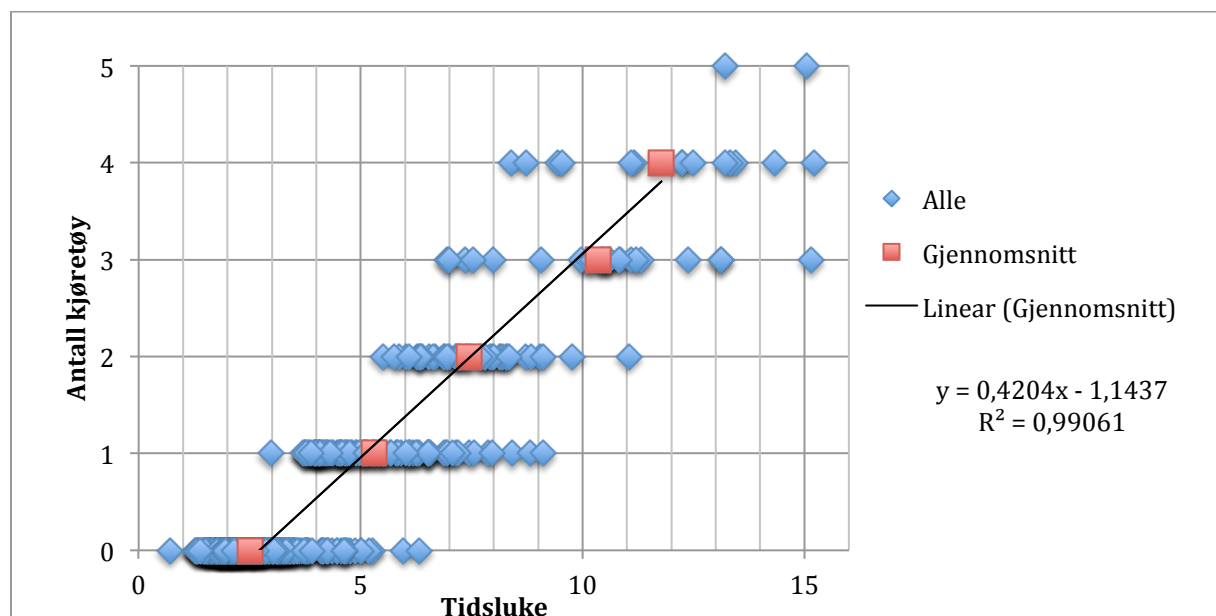
## 2.4. Estimering av tidslukeparametere

To av parameterne innenfor tidsluketeori som kan estimeres er kritisk tidsluke og følgetid. Det er flere metoder å estimere disse på. I denne oppgaven tar man utgangspunkt i Sieglochs metode. Den baserer seg på en regresjonsanalyse ut fra hvor mange bilførere som aksepterer en tidsluke i forhold til størrelsen på luken (Troutbeck & Brilon, 1997).

Metoden vil kun få akseptable resultater for kritisk tidsluke og følgetid, hvis det er en kontinuerlig kø på den underordnede vegen. Det må altså være minst ett kjøretøy i køen under den observerte perioden. Prosessen vil være (Troutbeck & Brilon, 1997):

- Mål størrelsen på hver tidsluke,  $t$ , og registrer antallet kjøretøy,  $n$ , som kjører inn i løpet av tidsluken.
- For hver av tidslukene som bare ble akseptert av  $n$  førere, beregnes den gjennomsnittlige tidslukestørrelsen,  $E(t)$ .
- Bruk lineær regresjon på de gjennomsnittlige tidslukeverdiene (som den avhengige variabelen) mot antall kjøretøy som kjører inn i løpet av denne gjennomsnittlige tidslukestørrelsen,  $n$ , (se Figur 3) og
- Gitt at stigningstallet er  $1/t_f$ , hvor  $t_f$  er følgetid, og skjæringspunktet på tidslukeaksen er  $t_0$ , vil kritisk tidsluke  $t_c$  være gitt av

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



Figur 3 - Regresjonsmetode for å finne kritisk tidsluke og følgetid

## 2.5. Distribuering av tidsluker

Distribusjonen av tidsluker mellom kjøretøy i forskjellige trafikkstrømmer har en stor effekt på avviklingen til et usignalisert kryss. For et kjøretøy med lav prioritet som

venter på å entre et kryss, vil tilgjengeligheten for en akseptabel tidsluke påvirke hvor lenge kjøretøyet må vente i kø.

I trafikkmodeller er det vanlig å bruke et tilfeldig mønster for kjøretøyankomster, det vil si at tidspunktene for når kjøretøy ankommer et kryss følger en eksponentialfordeling. Fordelingen antar at kjøretøyene ankommer tilfeldig, uten å bli påvirket av tidspunktet til når det foregående kjøretøyet ankom. En eksponentialfordeling er kjent for å være utilstrekkelig for høye trafikkstrømmer, og en forskjøvet eksponentialfordeling blir dermed ofte anbefalt. Denne fordelingen antar at det er en minimum tidsluke mellom to kjøretøy (Troutbeck & Brilon, 1997).

Andre fordelinger tar også hensyn til at det normalt sett dannes automatisk kolonnekjøring ved store trafikkstrømmer. Det vil si at trafikkstrømmen består av enten frie kjøretøy, eller grupperte kjøretøy som kjører etter hverandre.

Ulike fordelinger vil dermed distribuere størrelsen og ankomsten av tidsluker på forskjellige måter, og vil kunne påvirke resultatet kraftig. Aimsun har ulike metoder man kan velge mellom, og beskrives nærmere i neste kapittel.



### 3. Beskrivelse av Aimsun

Dette kapittelet gir en grunnleggende beskrivelse av Aimsun, og ser nærmere på de ulike modellene i programmet som er relevant for oppgaven. Kapittelet ser også på hvordan man utfører modellering i Aimsun, og særlig på hvilke parametere som blir brukt i simuleringen. De ulike brukermanualene til Aimsun 8 er brukt som bakgrunnsmateriale for kapittelet.

#### 3.1. Om Aimsun generelt

Aimsun er et akronym for *Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and Non-Urban Networks*. Det er et softwareprogram for trafikkmodellering, hvor man kan se på alt fra et enkelt kjørefelt til en hel region, og man kan utføre trafikksimuleringer på både mikro-, meso- og makronivå. Det er utviklet av TSS, *Transport Simulation Systems*, som er et spansk selskap. Det har over 2 900 lisensierte brukere over hele verden, hvor brukerne både er statlige organer, konsulentfirmaer og universiteter (Transport Simulation Systems, 2013).

I Aimsun har man mulighet til å modellere flere forskjellige typer trafikknettverk, som urbane nettverk i byer, motorveger, landeveger, ringveger, hovedveger, og alle mulig kombinasjoner av dette. Det finnes en rekke muligheter som gjør at man i tillegg til å se på trafikkmengder og trafikkavvikling, kan vurdere signalplaner, prioritering av kollektivtransport, konsekvensanalyser for infrastruktur, miljøpåvirkning, bompenger og vegprising, sikkerhetsanalyser, evaluering av ITS-tiltak og vurdering av trafikkstyringsplaner.

Aimsun skiller seg ut fra andre modelleringsprogram ved at man både kan utføre makro-, meso- og mikrosimulering. Selv om man har mulighet til dette, blir Aimsun hovedsakelig brukt til mikrosimuleringer, og det er det som har blitt brukt i denne oppgaven.

#### 3.2. Nye muligheter i Aimsun 8

Aimsun kom med versjon 8 i 2013. I den nye utgaven i Aimsun har det kommet en rekke nye muligheter og forbedringer. Den største endringen er at Aimsun nå fullt ut støtter transportplanlegging med firetrinnsmodellen. I tillegg har man gjort flere andre endringer med makromodellen, forbedret 3D-visualiseringen, og introdusert flere nye utdata i forbindelse med kontrollplaner og trafikkstyring i de dynamiske simuleringene (Transport Simulation Systems, 2013).

##### **Firetrinnsmodell for etterspørselsmodellering**

Aimsun 8 lanserte en fullføring av firetrinnsmodellen for etterspørselsmodellering på makronivå. De nye hovedfunksjonene er turgenerering, turfordeling og trafikktildeling.

For å styre all data som trengs i disse utvidelsene er det i tillegg introdusert nye objekter som transportmetoder, tidsperioder, datasett med generering/attrahering, og kollektivtransportstasjoner og -strekninger (Transport Simulation Systems, 2013).

#### **Andre endringer med makromodellene**

I Aimsun 8 har man forbedret flere av punktene for trafikktildeling med makromodellen. I tillegg til *Frank & Wolfe*-metoden, er det introdusert flere metoder for tildeling. Dette er blant annet *All-or-Nothing*, inkrementell tildeling, *MSA*-tildeling, og en stokastisk tildeling.

Supernoder er et nytt objekt i Aimsun 8. En supernode representerer en eller flere noder, og tillater å definere *Turn Penalty Functions* og *Junction Delay Functions* for hver bevegelse i supernoden. Dette for å representere komplekse kryss og rundkjøringer i en mer realistisk måte (Transport Simulation Systems, 2013).

#### **Forbedringer med de dynamiske simuleringsmodellene**

De dynamiske simuleringsmodellene har fått forbedringer med blant annet kontrollplaner og trafikkstyring. Dette innebærer at man kan få nye utdata, som grøntid og grønnandel for signalgrupper, for svingebevegelser og for faser. Man kan også finne årsaken for aktivering og inaktivering av detektorstyrte kontrollplaner. I de samme simuleringene vil man også kunne få utdata om kjøretøy som har blitt påvirket av enhver trafikkstyringshandling. Man kan altså analysere hvor mange kjøretøy som har blitt omdirigert, blitt påtvunget en svingebevegelse og lignende (Transport Simulation Systems, 2013).

De dynamiske simuleringsmodellene kan nå ha en trafikketterspørsel for *warm-up period* som er annerledes enn den første delen av den stasjonær perioden, slik det har vært i tidligere utgaver. Informasjon om simuleringstiden når kjøretøy ble generert under en simuleringen kan nå bli lagret for å bli brukt senere som inndata i et annet dynamisk scenario.

Det har også blitt utviklet en modell for å simulere forbikjøringer på veger med to felt, og på rurale veger. Denne modellen dekker både vurderinger om man skal gjennomføre en forbikjøring, bestemmelse om, og utførelse av forbikjøring.

Det er introdusert en ny vikepliktmodell, som ikke lengre bruker et konfliktområde for å avgjøre vikeplikt, men litar på et konfliktpunkt, og åpner opp for et helt nytt sett med parametere for brukeren. Dette gjør at modellen tillater en detaljert kalibrering av førerens oppførsel i vikesituasjoner. (Transport Simulation Systems, 2014). Disse parameterne sees nærmere på senere i kapitlet.

#### **Plattformforbedringer**

Flere nye matriseoperasjoner har blitt tilgjengelig, som *Redistribute*, *Correction* og *Apply Traffic Profiles*. Matrisene har også blitt utvidet til å ikke bare støtte reiser, men også for

andre typer innhold som reisetid, avstand, kostnader. På grunn av dette er det også tillatt med negative verdier i cellene.

Nye grafiske utdata for diagrammer er nå mulig. Man har blant annet valget mellom å velge sirkeldiagram, histogram, kakediagram og stablete histogram. Man har også fått forbedret 3D-visualisering, med effekter som regn og snø, trafikklys kan bli plassert både foran og bak lyskrysset, fotgjengerfelt blir tegnet, og man kan importere flere filformater, som blant annet Google Warehouse (Transport Simulation Systems, 2013).

### **3.3. Dynamisk simulering i Aimsun**

Den dynamiske simuleringen til Aimsun består av tre ulike komponenter: mikroskopisk, mesoskopisk og hybrid simulering. Mikrosimulatoren har en mikroskopisk tilnærming til simuleringen. Det vil si at oppførselen til hvert kjøretøy er kontinuerlig modellert gjennom simuleringstiden mens den kjører gjennom nettverket, og flere modeller, som bilfølgemodell og feltbyttmodell, påvirker kjøretøyets oppførsel. Mikrosimuleringen er en kombinert diskret og kontinuerlig simulator. Det vil si at noen av elementenes tilstand i systemet (kjøretøy, detektorer) kontinuerlig endres i løpet av simuleringstiden, som er delt opp i små bestemte tidsintervaller kalt simuleringsteg. Tilstanden til andre elementer (trafikk signaler, innkjøringer) endres diskret på spesifikke punkter i simuleringstiden. Denne metoden fører til høydetaljert modellering av trafikknnettverket. Det skiller mellom ulike typer av kjøretøy og førere, det etablert et stort spekter av geometrimuligheter, og det kan også modellere ulykker og konfliktsituasjoner. Det fleste utstyret som eksisterer i dagens trafikk kan man også modellere i mikrosimulatoren. Signalanlegg, detektorer, elektriske variable trafikkskilt, og tilfartskontroll er eksempler på dette. Fotgjengere blir simulert av å bruke et innplantet fotgjengersimuleringsprogram, Legion (Transport Simulation Systems, 2014).

I den mesoskopiske simulering i Aimsun, blir kjøretøy modellert som en individuell enhet, akkurat som i den mikroskopiske modellen. Men adferdsmodellene, som bilfølgemodell og feltbyttmodell, er simplifisert, slik at man mister noe realisme i simuleringen.

Ved hybridsimulering vil simuleringen bruke den mikroskopiske modellen i noen valgte områder, og mesoskopisk modell i resten. Dette er anbefalt for større nettverk, hvor det er spesifikke områder hvor detaljnivået trenger å være på mikronivå, men sett i et større nettverksammenheng. Ved bruk av den mesoskopiske modellen i disse andre områdene, vil simuleringen bli mer pålitelig, og man trenger mye kortere simuleringstid.

Inndata som kreves av en dynamisk simulering i Aimsun er et simuleringsscenario og et sett med simuleringsparametere som definerer et eksperiment. Scenarioet består av fire typer data: nettverkbeskrivelse, etterspurt trafikkvolum, trafikkstyringsplaner, og planer for kollektivtransport. Simuleringsparameterne er faste verdier som beskriver

eksperimentet, som simuleringstid, oppvarmingstid, simuleringsteg, og noen variable parametere for å kalibrere modellen, som reaksjonstid og soner for feltbytte.

Resultatene som de dynamiske simulatorene produserer er en kontinuerlig animert grafisk representasjon som viser trafikktilstanden i nettverket. Denne kan både vises i 2D og 3D. I tillegg får man utdata som trafikkvolum, hastighet, reisetid, forsinkelse og antall stopp. I tillegg kan man for den mikroskopiske simuleringen kunne se en kontinuerlig animering over kjøretøyene i nettverket (Transport Simulation Systems, 2014).

### **3.4. Inndata**

Dynamiske simuleringer har et høyt detaljnivå. For å oppnå gode resultater er man derfor avhengig av at inndata er nøyaktig og også har et høyt detaljnivå.

#### **Nettverksdata**

Et nettverk i Aimsun består av strekninger som er koblet sammen gjennom kryss. For å bygge et nettverk er det nødvendig å vite mye om det nettverket man modellerer. Derfor burde man ha et kart over området, som man kan modellere nettverket over. Man burde ha detaljert oversikt over antall felt det er på hver strekning, og om noen av disse er reserverte felt eller svingefelt. For hvert kryss må man vite hvilke svingebevegelser som er tillatt, og fra hvilke felt det gjelder. Man må også vite fartsgrensene for hver strekning, og svingefart for hvert kryss. I tillegg burde man vite om eventuelle detektorer og elektroniske variable trafikkskilt, hvor disse er plassert, og hva de kan måle og gi beskjed om (Transport Simulation Systems, 2014).

#### **Trafikkvolum**

Trafikkvolum i nettverket kan bli definert gjennom to ulike måter i mikrosimuleringen i Aimsun, som O/D-matriser og som trafikkvolum på de ulike strekningene. I de andre simuleringemetodene er det kun O/D-matriser som er tilgjengelig.

Ved bruk av trafikkvolum må man ha inndata om kjøretøytyper og egenskaper om dem, hvilke kjøretøyklasser som er tillatt på eventuelle reserverte felter, trafikkmengder for hver kjøretøytype på alle inngangsstrekninger i nettverket, og svingeandel for alle strekninger for hver kjøretøytype.

Ved O/D-matriser må man ha inndata om kjøretøytyper og egenskapene om dem, og vite om hvilke kjøretøyklasser som er tillatt på eventuelle reserverte felter. I tillegg må man definere sentroider, og vite antallet turer som går fra hver opprinnelse-sentroide til hver destinasjons-sentroide (Transport Simulation Systems, 2014).

### **Trafikkstyring**

Aimsun tar hensyn til ulike typer trafikkstyring, som signalanlegg, vikepliktskilt og tilfartskontroll. De ulike trafikkstyringssystemene krever ulike inndata (Transport Simulation Systems, 2014).

Signalregulerte kryss må ha inndata om plasseringen av signalet, hvordan de ulike signalgruppene er definert med hvilke svingebevegelser, rekkefølgen av fasene, hvor lenge fasene varer, og eventuelt hvilke svingebevegelser som har forkjørsrett i samme signalgruppe.

I usignaliserte kryss må man vite hvilke forkjøringsregler som gjelder, og plassering av vikeplikt- og stoppskilt.

For tilfartskontroller må man også vite plassering, samt hva slags type tilfartskontroll det er, og hvilke kontrollparametere som gjelder (grønntid, trafikkvolum, forsinkelse).

### **Kollektivtransport**

Det er ikke nødvendig å definere offentlig transport for å gjennomføre en simulering i Aimsun, men for å få en mest mulig realistisk trafikksituasjon burde dette tas med. Inndataene som kreves er at man må definere en *Public Transport Line*, som består av et sett med etterfølgende strekninger hvor en rute går. Man må definere eventuelle kjørefelt som er reservert for kollektivtransport. Holdeplasser må plasseres, og man må oppgi lengde og hva slags type holdeplass det er. Man må tildele holdeplasser til rutene, og man må oppgi en ruteplan som sier noe om når avgangene er, hvor lenge man stopper på holdeplassen, og hva slags kjøretøytype som kan stoppe på holdeplassen (Transport Simulation Systems, 2014).

## **3.5. Grunnleggende modellering i Aimsun**

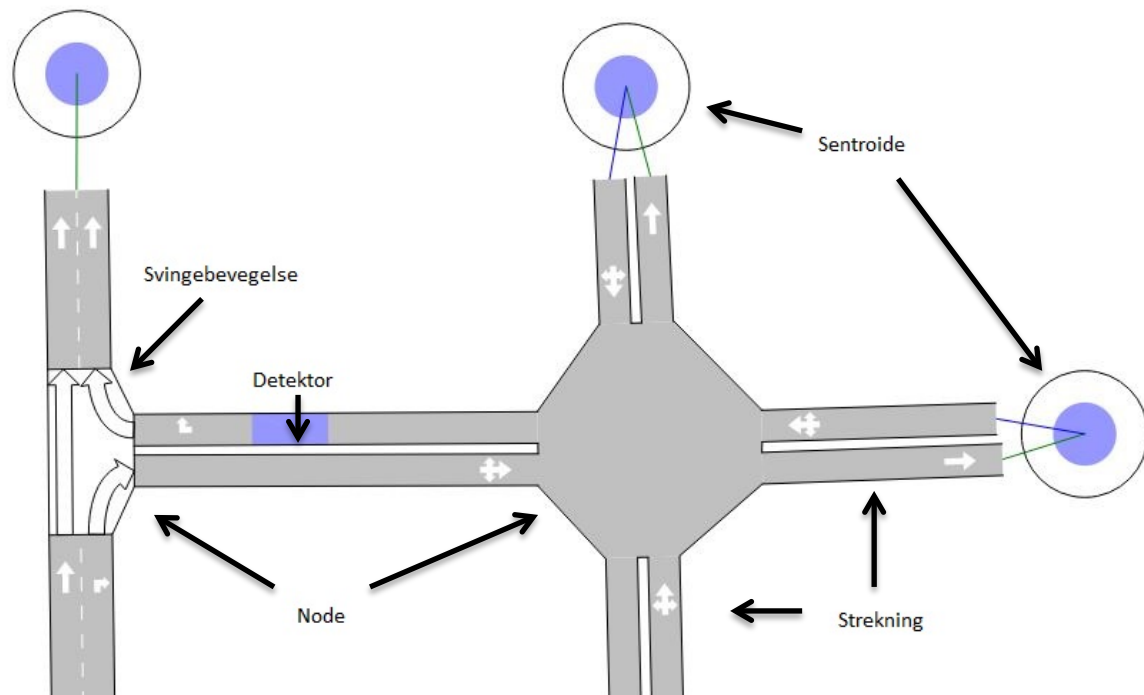
I Aimsun 8 er det mange muligheter når det kommer til modellering av nettverk og trafikksituasjoner. I Figur 4 ser man hvordan dette er grunnleggende bygd opp, ved bruk av strekninger, sentroider, noder, detektor og svingebevegelser.

### **Strekning**

En streking består av et eller flere kjørefelt med trafikk som går i samme retning. Disse blir delt opp av at de møter kryss, eller at de fysiske grensene til studieområde er slutt. Ved avslutningen av en strekning mot et kryss vil de ulike strekninger bli koblet sammen ved hjelp av svingebevegelser. En strekning må bestå av minst ett gjennomgående felt, men kan også ha svingefelt. Disse svingefeltene må enten være ved en tilfart eller en avkjøring for strekningen.

Det er mange muligheter til å forme strekningen slik at geometrien stemmer overens med virkeligheten. Eksempler på dette er lengde, feltbredde, kurvatur, helning og tilfart-

og avkjøringsvinkel. I strekninger med flere felt kan man også definere reserverte felt, og man kan gjøre det ulovlig å bytte felt.



Figur 4 - Grunnleggende modellering av nettverk i Aimsun

I Figur 4 ser man et vegnett med ti strekninger. Åtte av disse har kun ett felt, mens to har to kjørefelt. Strekningene blir enten avsluttet mot et av kryssene, eller mot studieområdets avgrensning.

### Noder

En node er et punkt eller et område i nettverket hvor kjøretøy utfører en svingebevegelse. Det vil si at en node trenger to eller flere strekninger, hvor minst én må være påkjøring og minst én må være avkjøring.

En node finner man vanligvis i tradisjonelle kryss, men kan også være i en av- eller påkjøring fra en hovedveg. Dette blir henholdsvis kalt *junctions nodes* og *join nodes* i Aimsun. Man kan definere vike- og stopplikt i noder, og bestemme hva slags svingebevegelser som skal være tillatt. I Figur 4 er det to noder, hvor den ene er et tradisjonelt X-kryss og er koblet til åtte strekninger. Den andre kan ble sett på som en av- og påkjøring mot en hovedveg, en såkalt *join node*, og er koblet til fire strekninger. Pilene i noden definerer hvilke svingebevegelser som er tillat.

### Sentroider

En sentroide er en kilde eller et utløp for kjøretøy. De blir brukt for å definere OD-matriser, som start- og slutt punkt for turer. En sentroide vil altså generere og attrahere kjøretøy til og fra strekninger, og man trenger sentroider ved alle strekninger som går inn og ut av studieområdet. Figur 4 viser tre sentroider, hvor to både genererer og

attraherer kjøretøy til nettverket. Dette markeres ved blå og grønn strek til strekningen den er koblet litt. Den siste sentroiden vil kun attraherer kjøretøy.

### **Detektorer**

En detektor i Aimsun kan måle blant annet trafikkvolum, hastighet, opptattid og tetthet, og vil skille mellom ulike kjøretøygrupper. Den kan plasseres på hvilket som helst sted i en strekning, og kan dekke flere felt.

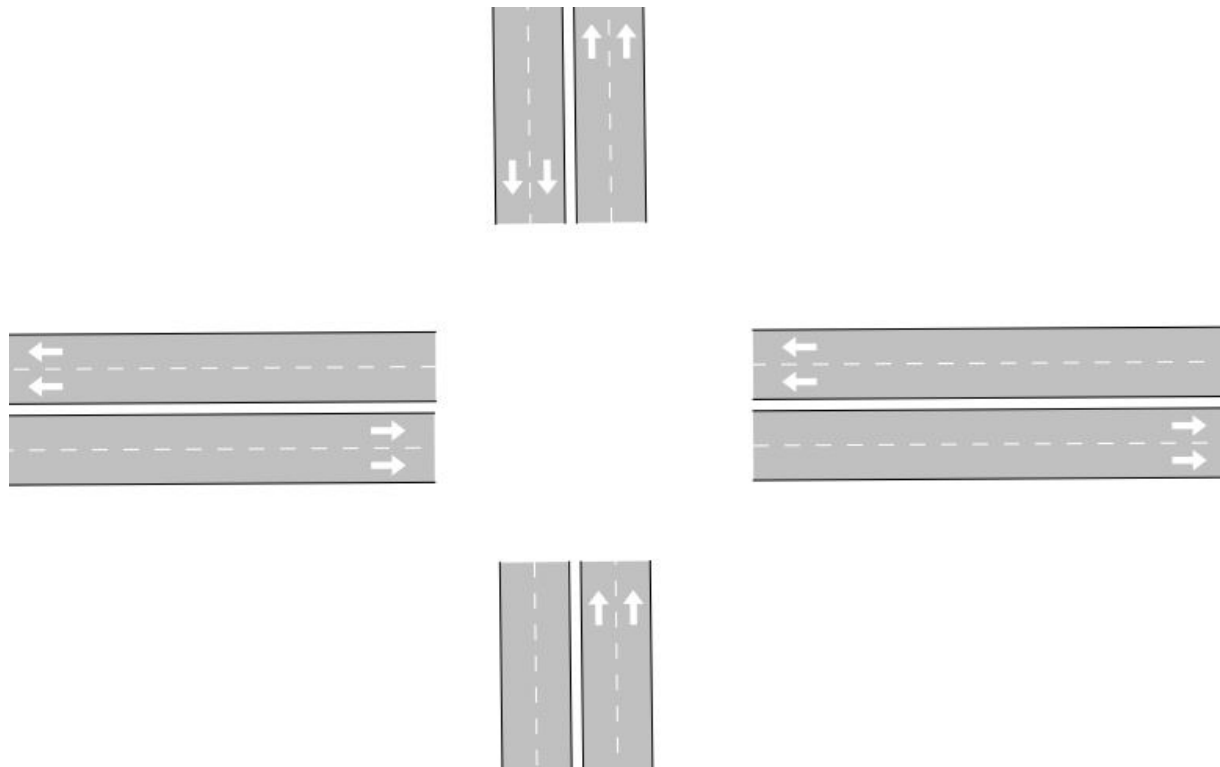
Detektorer blir brukt for eksempel til å oppdage kø, og for å avslutte en grøntid i et lyskryss hvis det ikke er flere kjøretøy. En detektor er ikke nødvendig for å simulere trafikk i Aimsun, men kan være et nyttig verktøy for å få realistiske trafikksimuleringer.

### **Andre muligheter**

I tillegg er det mange andre nettverksmuligheter i Aimsun, men som ikke er nødvendige. Dette er blant annet elektroniske variable trafikkskilt, fotgjengerovergang, tilfartskontroll, holdeplasser og stasjoner for kollektivtransport, egendefinerte kjøretøytyper, kamera og trafikkstyringsplaner. Dette gjør at man har mange muligheter for å bygge opp et nettverk som stemmer godt overens med det eksisterende eller det man ønsker å se nærmere på.

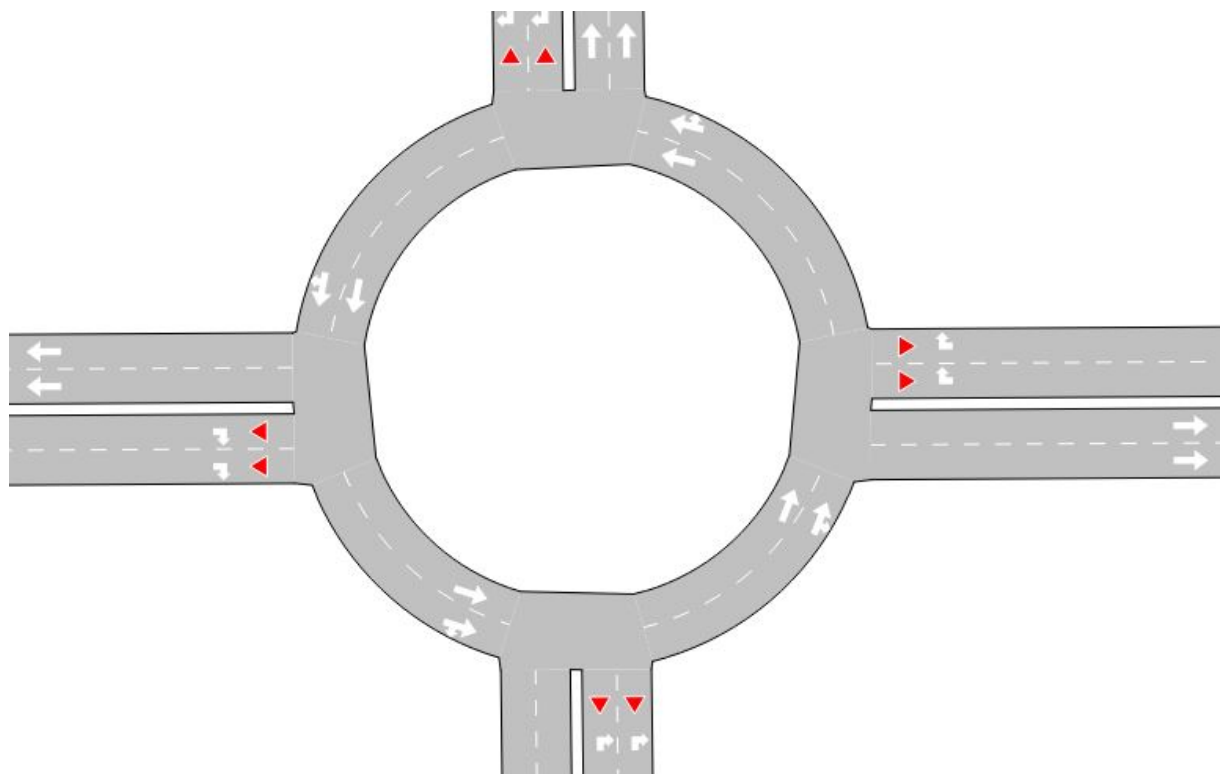
## **3.6. Modellere rundkjøringer i Aimsun**

For å lage en rundkjøring i Aimsun, må man først lage alle de strekningene som skal gå inn og ut av rundkjøringen. Dette vil ligne en vanlig node, eller kryss, før man har satt på svingebevegelser. Dette vises i Figur 5.



**Figur 5 - Streknings som danner en rundkjøring**

Når alle strekningene er etablert, må man markere disse strekningene, for så å velge rundkjøringsfunksjonen i menyen. Man plasserer denne hvor man ønsker å ha sentrum til rundkjøringen, og tilpasser til man oppnår den ønskede diameteren for sentraløyen.



**Figur 6 - Ferdig rundkjøring**



Dette vil etablere en rundkjøring, som vist i **Error! Reference source not found.** Strekninger som er koblet til rundkjøringen, kan bli forkortet for at diameteren skal stemme. Rundkjøringen vil bli en node, og får automatisk innlagt alle tillatte svingebevegelesene med tilhørende vikeplikter. Man kan deretter endre antall sirkulerende kjørefelt og geometrien ellers, for å oppnå en rundkjøring som er mest mulig korrekt den man skal modellere.

I modellen blir en rundkjøring sett på som fire sammensatte T-kryss, hvor hovedvegen er envegskjørt og det kun er tillatt å svinge til høyre. Aimsun gjør altså ingen forskjell på beregning av trafikkavviklingen, som bruk av vikeplikt og tidsluker, i rundkjøringer og kryss, men man kan oppnå ulike resultater på grunn av geometriske forskjeller (Transport Simulation Systems, 2013).

### 3.7. Modeller i Aimsun

Det er en rekke ulike modeller som spiller inn i den dynamiske simuleringen i Aimsun. Noen av modellene forklarer og utregner oppførselen til kjøretøyene, som *car-following model* og *lane-changing model*. En annen modell er *gap-acceptance model* som modellerer blant annet vikeplikt og aksept for tidsluker.

#### Car-Following Model

Bilfølgemodellen, *the car-following model*, som er implementert i Aimsun er basert på Gipps modell. I modellen blir parameterne avgjort av lokale forhold, som er avhengig av type bilfører (som *speed limit acceptance* for kjøretøyet), geometrien for strekningen (fartsgrense, fartsgrense for svingebevegelse), og påvirkning fra kjøretøy på tilgrensende felt (Transport Simulation Systems, 2014).

Modellen består hovedsakelig av to komponenter: akselerasjon og retardasjon. Akselerasjon påvirker muligheten et kjøretøy har for å oppnå ønske hastighetsnivå. Retardasjon spiller inn når begrensinger satt av det foregående kjøretøyet påvirker et kjøretøy som prøver å kjøre i ønsket hastighetsnivå. Denne modellen fastsetter altså den maksimale hastigheten som et kjøretøy kan akselerere til i løpet av en tidsperiode.

#### Lane-Changing Model

Feltbyttmodellen, *the lane-changing model*, kan også bli sett på som en utvikling av Gipps modell. Feltbytte er modellert som en beslutningsprosess, som analyserer nødvendigheten for feltbytte (som svingebevegelser avgjort av ruten), ønske om feltbytte (for å oppnå ønsket hastighet når foregående kjøretøy kjører saktere), og forholdene for gjennomførlighet for feltbytte, som er avhengig av kjøretøyets plassering i vegnettet (Transport Simulation Systems, 2014).

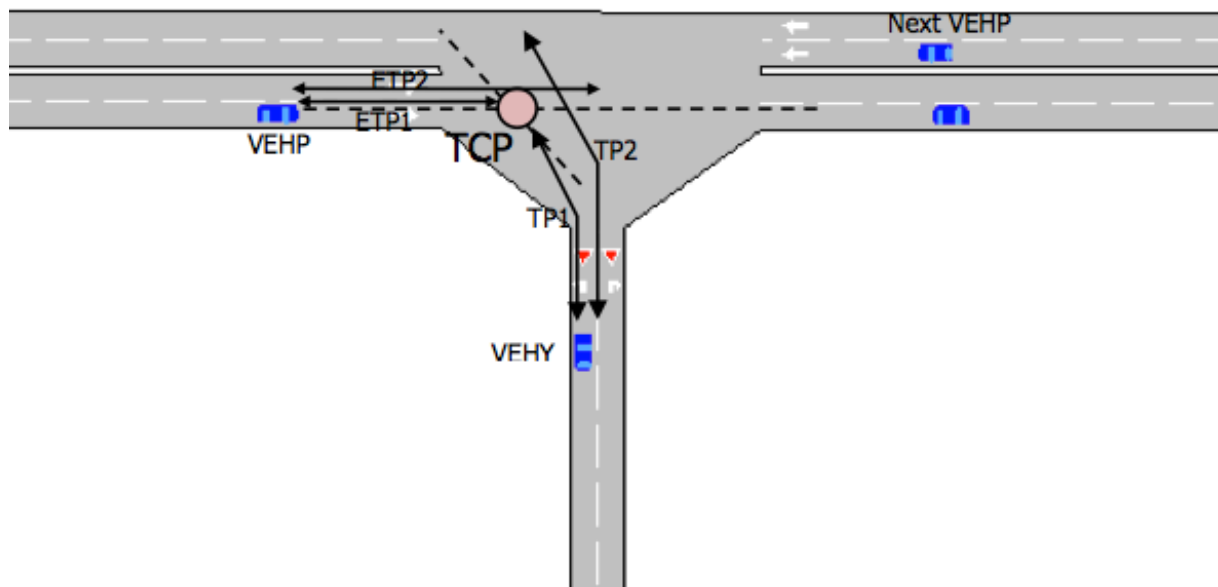
#### Gap-Acceptance model

Vikepliktmodellen, *the gap-acceptance model*, blir brukt for å modellere oppførsel rundt vikeplikt. Modellen bestemmer om et lavere prioritert kjøretøy som ankommer et kryss

kan eller ikke kan entre krysset, avhengig av tilstanden til høyere prioriterte kjøretøy. Denne modellen tar hensyn til avstanden til et hypotetisk kollisjonspunkt, og hastigheten og akselerasjon til kjøretøyene. Ut fra dette kalkulerer modellen tiden kjøretøyet trenger for å kjøre trygt inn i krysset, og bestemmer seg for om det skal kjøre eller ikke. Risikonivået til føreren vil også kunne påvirke resultatet.

Figur 7 (Transport Simulation Systems, 2013) viser hvordan følgende algoritme blir kjørt i modellen for å avgjøre om et kjøretøy kan kjøre eller ikke. Gitt et kjøretøy (VEHY) nærmer seg et vikepliktskryss, fra en sideveg:

1. Finn nærmeste prioriterte kjøretøy (VEHP)
2. Bestem teoretisk kollisjonspunkt (TCP)
3. Kalkuler tid (TP1) som VEHY trenger for å nå TCP
4. Kalkuler estimert tid (ETP1) som VEHP trenger for å nå TCP
5. Kalkuler tid (TP2) som VEHY trenger å krysse TCP
6. Kalkuler estimert tid (ETP2) som VEHP trenger for å kjøre gjennom krysset
7. Hvis TP2 (pluss sikkerhetsmargin) er mindre enn ETP1, kjøretøy VEHY har nok tid til å krysse, og vil dermed akselerere og kjøre inn i krysset.
8. Ellers, hvis ETP2 (pluss sikkerhetsmargin) er mindre enn TP1, kjøretøy VEHP har allerede kjørt forbi TCP når VEHY når det, søk deretter etter nest nærmeste kjøretøy med høyere prioritet, som blir VEHP, og gå tilbake til steg 2.
9. Ellers, kjøretøy VEHY må vike, retardere og stoppe om nødvendig.



Figur 7 – Gap-acceptance model

Det er kun høyere prioriterte kjøretøy som er på strekninger som er innenfor eller delvis innenfor synlighetssonen på hovedstrømmen for noden, *Visibility at Main Stream*, som vil bli overveid for det lavere prioriterte kjøretøyet.

Parameterne som avgjør tidslukene i *the gap-acceptance model* er *Initial Safety Margin*, *Final Safety Margin*, *Initial GW Time Factor*, *Final GW Time Factor*, *the Maximum Give*

*Way Time, Visibility to Give Way* og *Visibility along Main Stream*. Det er i tillegg en rekke kjøretøysparametere som kan påvirke oppførselen til kjøretøy under *the gap-acceptance model*. Dette er *turning speed, acceleration rate, desired speed* og *speed acceptance*. Disse parameterne forklares nærmere i delkapittel 3.9.

### **3.8. Vikeplikt i Aimsun**

Aimsun gir ingen svingebevegelser prioritet som utgangspunkt, men man må definere et vikeplikt- eller stoppskilt for hver aktuelle tilfart i en node. Kjøretøy som har som intensjon å kjøre gjennom krysset via en svingebevegelse fra en slik tilfart, må vike for alle andre kjøretøy som kjører gjennom krysset fra tilfarter uten et slikt skilt.

Om et kjøretøy vil kjøre eller vike når det treffer slike skilt, vil bli avgjort gjennom *gap-acceptance model*. Hvordan det gjøres avhenger av skiltet. Ved et stoppskilt vil kjøretøyet stoppe fullstendig før man vil ta avgjørelsen. Ved et vikepliktskilt derimot, vil kjøretøyet sette i gang modellen, så snart det er nærmere vikelinjen enn avstanden oppgitt i *Visibility to Give Way*. Mens kjøretøyet nærmer seg vikelinjen, vil det se etter en stor nok tidsluke. Hvis det finner en, vil kjøretøyet akselerere og kjøre gjennom krysset. Hvis det ikke finner det, vil kjøretøyet retardere og se etter en annen større tidsluke frem til det kan kjøre, eller at det når frem til vikelinjen og stopper.

Hvis en streking har en fotgjengerfelt, vil mikrosimulatoren i Aimsun modellere dette som et vikepliktskilt for å gi prioritet til fotgjengere. Ved slike situasjoner blir også *gap-acceptance model* brukt. Fotgjengerfelt må plasseres enten i begynnelsen eller i slutten av en strekning.

Hvis det er flere kryssende svingebevegelser som har vikeplikt i et kryss, for eksempel en venstresving på hovedveg og en rett-frem-bevegelse på en sideveg, kan man i *Node Editor* definere hvilken av de vikende bevegelsene som har prioritet i forhold til hverandre.

### **3.9. Parametere som påvirker vikeplikt og tidsluker**

I de dynamiske modellene er det flere parametere man burde ha kjennskap til, og som man burde definere når man modellerer en trafikksituasjon. Disse finner man på mange ulike steder, avhengig om det er hele nettverket som helhet man vil endre, om det er enkelte ting ved en konkret strekning, eller om det er kjøretøyet eller føreren. Dette kalles henholdsvis globale, lokale og kjøretøyparametere nedenfor. Endring av disse parameterne kan gjøre store endringer på resultatet, slik at man burde ha god kjennskap til disse før man gjør endringer, samt kjenne situasjonen man skal modellere. Flere av disse parameterne vil påvirke vikeplikt og tidsluker, og det er i hovedsak disse som vil bli forklart nedenfor.

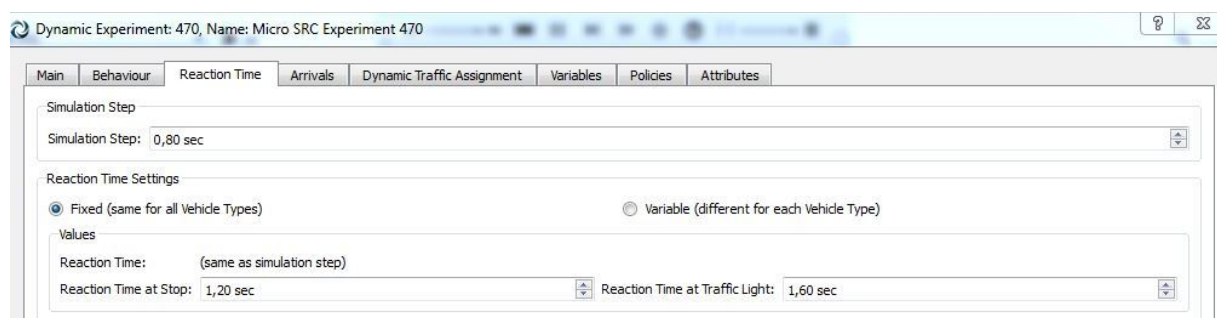
## Globale parametere

Globale parametere påvirker alle kjøretøy, uansett kjøretøytype og hvor man er i nettverket. Flere av disse er relatert til modellene for kjøreadferd som gjelder for hele nettverket, og som verken blir definert på kjøretøy- eller strekningsnivå. Eksempler på globale parametere er:

*Simulation Step*: Dette er systemets oppdateringsintervall. På hvert simuleringsteg blir tilstanden til alle elementene i systemet oppdatert. Det kan variere fra 0,1 til 0,5 sekunder. Simuleringsteg, og de neste tre parameterne, blir valgt og endret i mappaen *Reaction Time* i vinduet for *Experiment*, som vist i Figur 8.

*Reaction time*: Reaksjonstid er tiden det tar for en bilfører å reagere på en hastighetsendring hos det foregående kjøretøyet. Dette blir brukt i *car-following model*. Reaksjonstiden kan enten være *Fixed* eller *Variable*. Hvis det er *Fixed* vil det være det samme for alle kjøretøy. Hvis det er *Variable* kan brukeren definere en diskret sannsynlighetsfordeling for hver kjøretøytype. Reaksjonstiden for hvert individuelle kjøretøy vil bli satt ut fra denne fordelingen.

*Reaction time at Stop* og *Reaction time at Traffic Light*: Reaksjonstid ved stopp er tiden det tar for et stoppet kjøretøy for å reagere på akselerasjonen hos kjøretøyet foran. Reaksjonstid ved trafikklys er tiden det tar for det første stoppede kjøretøyet ved et trafikklys til å reagere på at trafikklyset endrer til grønt. Reaksjonstid ved stopp blir bare brukt som reaksjonstid for kjøretøy som starter fra en stille tilstand, mens den normale reaksjonstiden blir brukt for kjøretøy som beveger seg. Ved oppløsning av en kø vil dermed denne parameteren ha stor innflytelse, og gir derfor brukeren mer kontroll for å modellere køsituasjoner.



Figur 8 – Mappe for reaksjonstid

*Queue Entry Speed* og *Queue Exit Speed*: For at et kjøretøy skal være ansett som stoppet, og dermed som en del av en kø, men det ha en lavere hastighet enn det som er oppgitt i *Queue Entry Speed*. *Queue Exit Speed* angir hastigheten et kjøretøy må oppnå for at det skal være ansett som ute av køen. Disse parameterne påvirker det statistiske datagrunnlaget for beregning av antall stopp og kølengder. *Queuing Entry Speed* og *Queue Exit Speed* blir valgt og endret under mappaen *Behaviour* i vinduet *Experiment*.

*Initial Simulation State:* Starttilstand er kun tilgjengelig i mikrosimuleringene. Denne gir brukeren en mulighet til å starte simuleringen med kjøretøy allerede distribuert i nettverket. Det er to muligheter å gjøre dette. Den ene er å bruke en oppvarmingstid, *warm-up*, og den andre er å bruke en starttilstand, *Initial State* (Transport Simulation Systems, 2013). Denne muligheten er nyttig hvis man starter en simulering på et tidspunkt hvor det er mye trafikk i nettverket, slik at man ikke minker tiden hvor det er kø. *Initial State* kan defineres under *Demand data, New, Initial State*. *Warm-up* og *Initial State* må så velges under *Scenario, Experiment*.

*Headway model:* Distribueringen av tidsluker i Aimsun er kalkulert ut fra modellen *Headway model*. Det er mulig å velge mellom flere forskjellige fordelinger: *exponential, uniform, normal, constant, "ASAP",* og *external*. Dette gjøres i mappen *Arrivals* i vinduet *Experiment*. Den forhåndsvalgte modellen er *exponential*. Beregninger på tidsluker vil i *exponential, uniform, normal* gjøres ut fra en eksponential-, uniform-, og normalfordeling. Ved *constant* vil tidslukene ha konstant lengde, mens i *"ASAP"* vil kjøretøyene komme så fort som mulig. Ved bruk av *external* vil kjøretøyene bli introdusert i nettverket via *Aimsun Microsimulator API* (Transport Simulation Systems, 2014).

### **Lokale parametere**

Lokale strekningsparametere påvirker alle kjøretøy, uansett kjøretøytype, når man kjører gjennom en spesifikk strekning eller node i nettverket. I vinduet *Section Editor* endrer man flere sentrale egenskaper for en enkelt vegstrekning. Denne finner man ved å velge aktuell strekning. Typiske egenskaper ved en strekning som er viktig å definere er fartsgrense og helningsgrad. I tillegg er det flere parametere man burde se nærmere på, hvor flere av disse er justeringer for parametere som allerede er definert for nettverket som helhet (Transport Simulation Systems, 2013).

*Reaction Time Variation:* Variasjon i reaksjonstid vil endre den globale reaksjonstiden for akkurat denne strekningen. Det er også mulig å endre reaksjonstiden ved stopp eller ved lyskryss på en konkret strekning.

*Maximum Give Way Time Variation:* Variasjon i maksimal vikepliktstid vil endre maksimum vikepliktstid som settes for kjøretøy, for akkurat denne strekningen eller feltet.

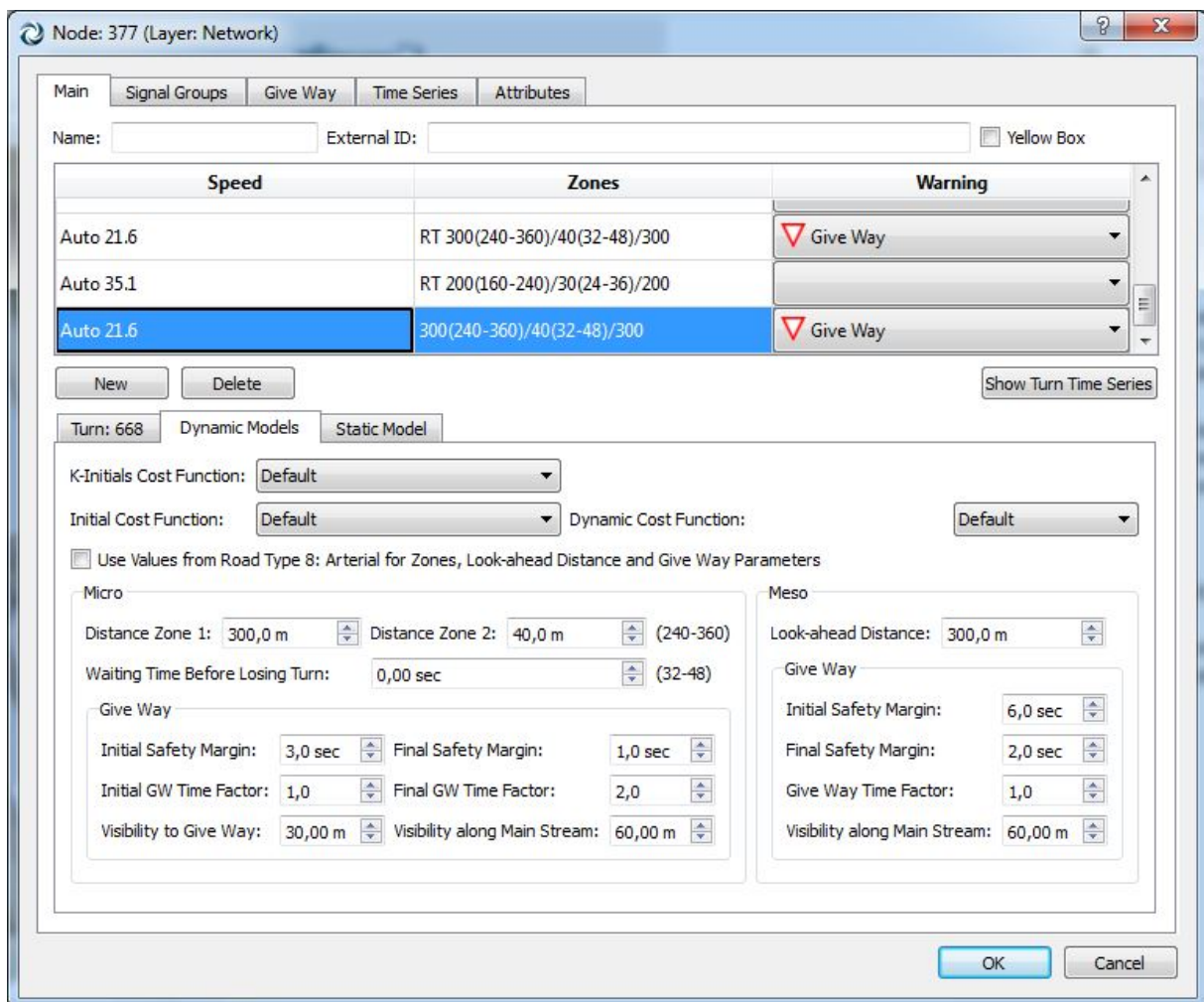
I *Node editor* kan man gjøre endringer ved parameterne til et kryss som helhet, eller kun for en spesifikk svingebevegelse. Et eksempel på det er *Turning speed* som vil være den hastigheten et kjøretøy vil ha når det utfører en sving. Avhengig av egenskapene til føreren vil man kunne bruke en høyere eller lavere hastighet.

*Yellow Box Speed:* Hvis man har gjort et kryss til en *Yellow Box*, vil et kjøretøy som nærmer seg krysset unngå å kjøre inn i krysset hvis foregående kjøretøy kjører i krysset med en hastighet lavere enn denne parameteren.

I undermappen *Give Way* finner man flere parametere som omhandler vikeplikt. Denne finner man i *Node editor*, ved å velge en svingebevegelse med vikeplikt. Figur 9 viser hvor man finner disse. Disse parameterne vil kun påvirke valgt svingebevegelse:

*Initial Safety Margin*: Denne sikkerhetsavstanden er avstanden, i sekunder, som kreves mellom et kjørende vikende kjøretøy, og det neste prioriterte kjøretøyet. Denne avstanden blir brukt når det vikende kjøretøyet ankommer og har nettopp ankommet vikepliktskiltet.

*Final Safety Margin*: Denne sikkerhetsavstanden er avstanden, i sekunder, som kreves mellom et kjørende vikende kjøretøy, og det neste prioriterte kjøretøyet. Denne avstanden blir brukt når det vikende kjøretøyet allerede har ventet en stund ved vikepliktskiltet.

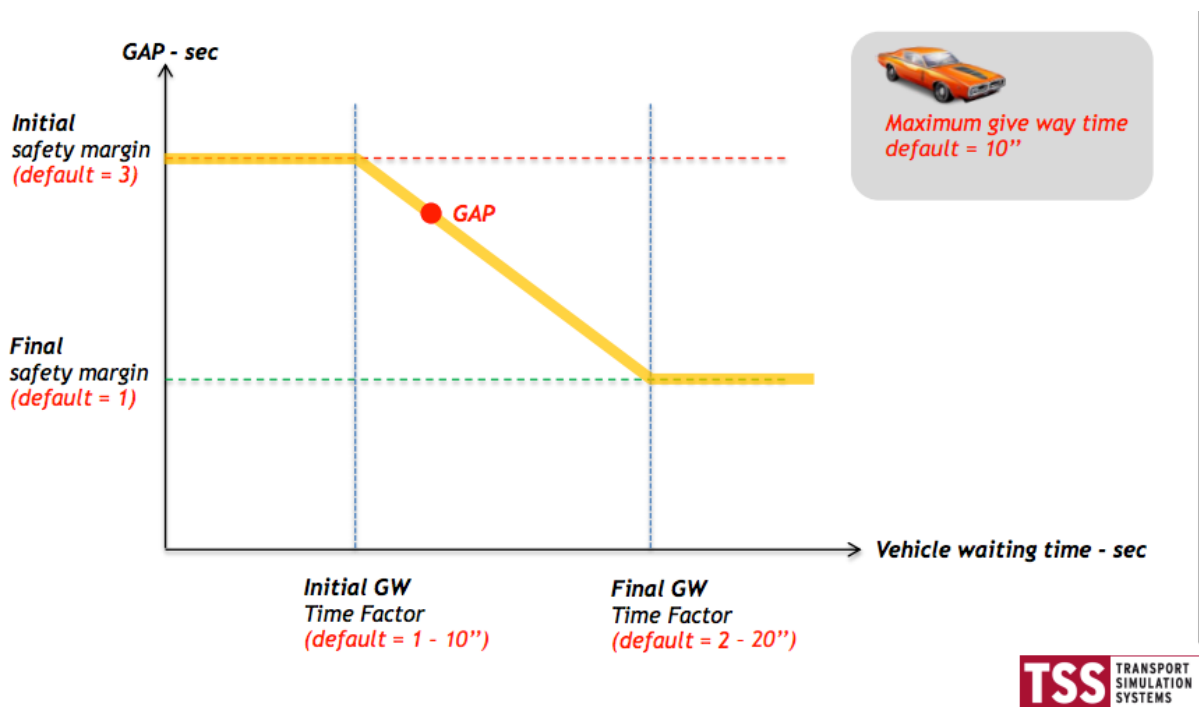


Figur 9 – Give Way-parametere

*Initial GW Time Factor*: Denne faktoren multiplisert med *Maximum Give Way Time* for kjøretøyet, bestemmer når den krevde sikkerhetsmarginen for det vikende kjøretøyet starter å minke lineært fra *Initial Safety Margin* til *Final Safety Margin*.

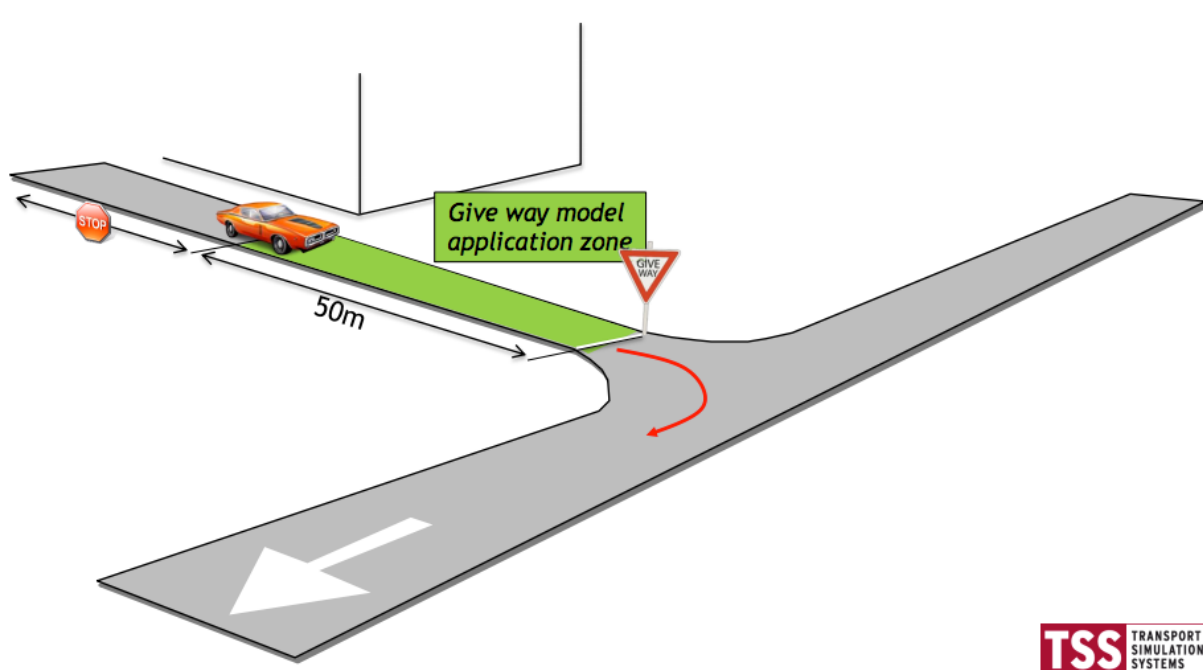
*Final GW Time Factor*: Denne faktoren multiplisert med *Maximum Give Way Time* for kjøretøyet, bestemmer når den krevde sikkerhetsmarginen for det vikende kjøretøyet har nådd *Final Safety Margin*.

Figur 10 (Transport Simulation Systems, 2013) viser sammenhengen mellom de fire parameterne. Etter en viss tid vil tålmodigheten til en fører som står venter på en akseptabel tidsluke reduseres, og størrelsen på sikkerhetsmarginen han trenger begynner å minke. Størrelse på akseptabel sikkerhetsmargin vil minke helt til man når en minimumsstørrelse som man oppnår etter en viss tid. Disse parameterne vil altså kunne modellere tålmodigheten til en bilfører, og offensiv kjøring inn i kryss.



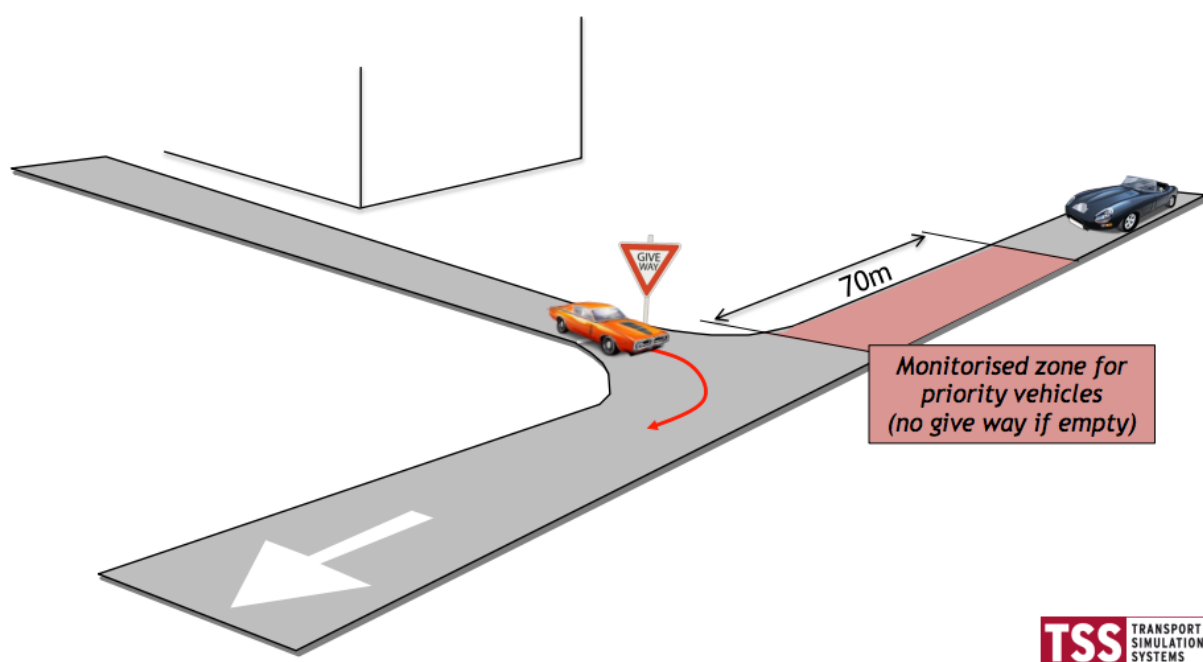
**Figur 10 - Sammenheng mellom vikepliktparametere**

*Visibility to Give Way*: Når et kjøretøy ankommer et kryss fra en tilfart med et vikepliktskilt, vil *gap-acceptance model* blir brukt. Den vil bli igangsatt når avstanden fra kjøretøyet til enden av strekningen er mindre enn det som er satt i denne parameteren. Figur 11 (Transport Simulation Systems, 2013) viser et eksempel på denne avstanden. I Aimsun 8 kan denne avstanden gå gjennom strekninger, og starte i foregående strekning.



Figur 11 - Visibility to Give Way

*Visibility along Main Stream:* Denne synlighetssonen er avstanden i hovedstrømmen hvor til det vikende kjøretøyet kan se, og avgjør om potensielle prioriterte kjøretøy ankommer. Dette vises i Figur 12 (Transport Simulation Systems, 2013).



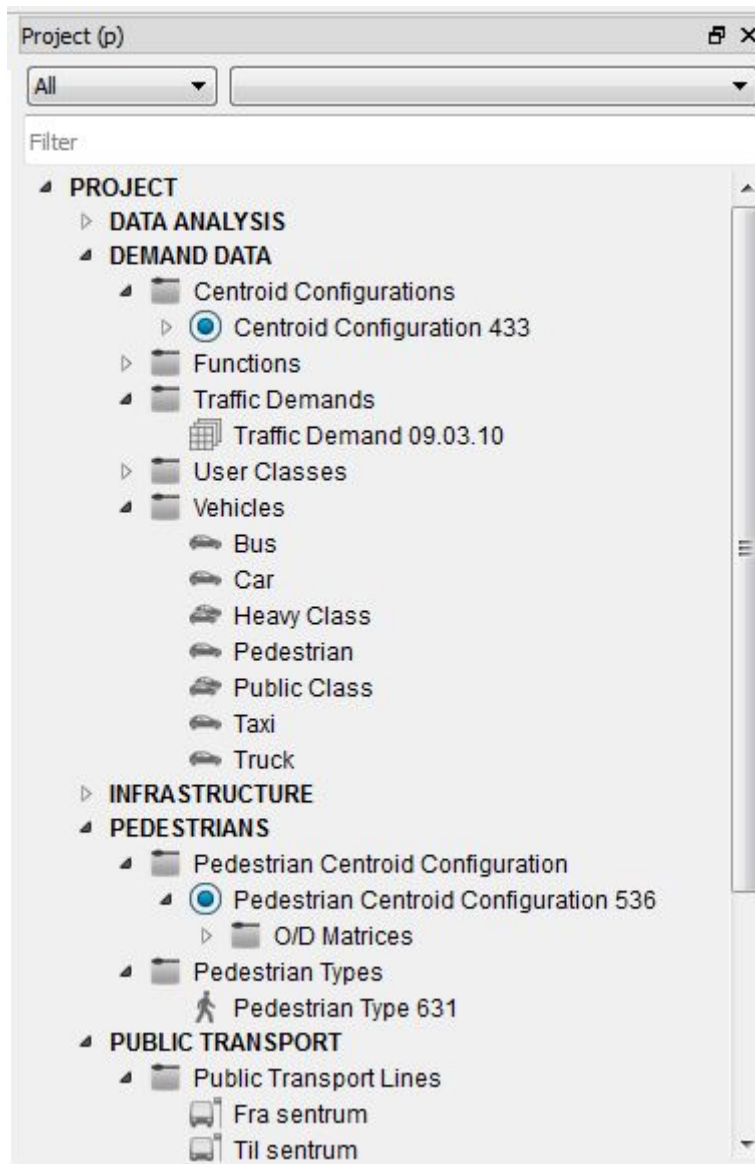
Figur 12 - Visibility along Main Stream

### Kjøretøyparametere

Kjøretøyparametere påvirker alle kjøretøy av den konkrete kjøretøytypen, uansett hvor man kjører i nettverket. I mappen *Vehicle Type Editor* spesifiserer man fysiske karakteristikk og parametere for kjøretøytyper. Denne finner man i prosjektmenyen, under *Demand Data*, se Figur 13.



Det finnes flere forhåndsdefinerte kjøretøytyper, som bil, buss, sykkel, fotgjenger og tungtransport. Disse har alle hver sin forhåndsdefinerte gjennomsnittsverdi, standardavvik, maksimum og minimumsverdi for en rekke parametere. Noen av de viktigste er lengde, bredde og ønsket makshastighet, *Maximum desired speed*, (Transport Simulation Systems, 2013). Ut fra disse verdiene, vil Aimsun simulere et tilfeldig utvalg av for eksempel personbiler, ut fra en normalfordeling. Dette gjør at man vil få en rekke forskjellige personbiler i modellen, med ulike lengde, bredde og ønskede hastigheter, slik som det er i virkeligheten.



Figur 13 - Prosjektmeny

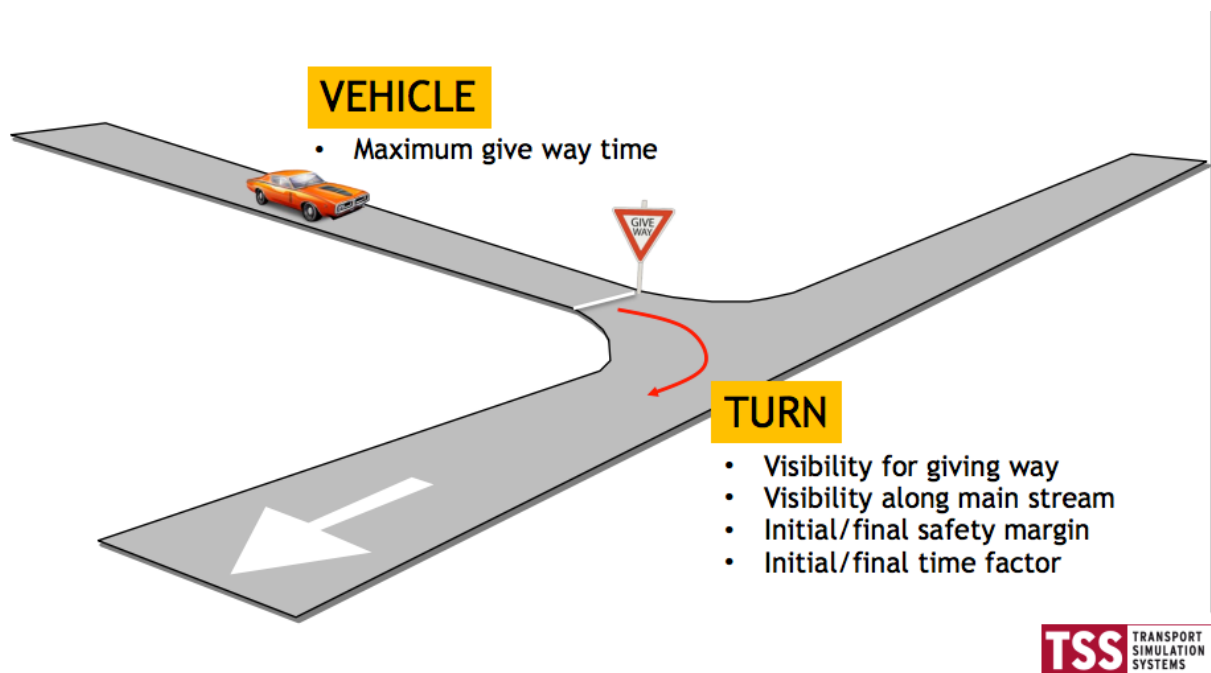
I mappene *Dynamic Models* og *Microscopic Model* finner man parameterne som blir brukt under de dynamiske simuleringen. Parametere som *Max Acceleration*, *Speed Acceptance*, *Minimum Distance between vehicles* og *Maximum Give Way Time* vil kunne påvirke *Gap-acceptance model*. I tillegg er det ulike parametere for utslipp og drivstofforbruk, samt at man kan justere reaksjonstider for kjøretøytyper (Transport Simulation Systems, 2014).

*Max Acceleration:* Maksimal akselerasjon et kjøretøy kan oppnå, uansett situasjon.

*Speed Acceptance:* Aksept for fartsgrenser kan bli sett på som graden av lydighet. Ved justering av denne parameteren kan man både påvirke om kjøretøy skal velge å kjøre fortere enn fartsgrensen, eller om man skal holde seg godt under fartsgrensen.

*Minimum distance between vehicles:* Dette er avstanden et kjøretøy vil ha mellom seg og det foregående kjøretøyet ved stopp.

*Maximum Give Way Time:* Når et kjøretøy er i en vikesituasjon, vil det bruke *gap-acceptance model* for å avgjøre om det kan kjøre inn i krysset. Hvis et kjøretøy har ventet en stund for å finne en akseptabel tidsluke, vil det bli mer utålmodig og det vil redusere sikkerhetsmarginen som det trenger. Maksimal vikepliktstid, *Maximum Give Way Time*, bestemmer hvor lenge man skal vente før man reduserer størrelsen på sikkerhetsmarginene, sammen med *Initial* og *Final GW Time Factor*. Figur 14 (Transport Simulation Systems, 2013) viser hvordan denne parameteren justerer selve kjøretøyene, mens de andre parameterne for vikeplikt påvirker en konkret svingebevegelse.



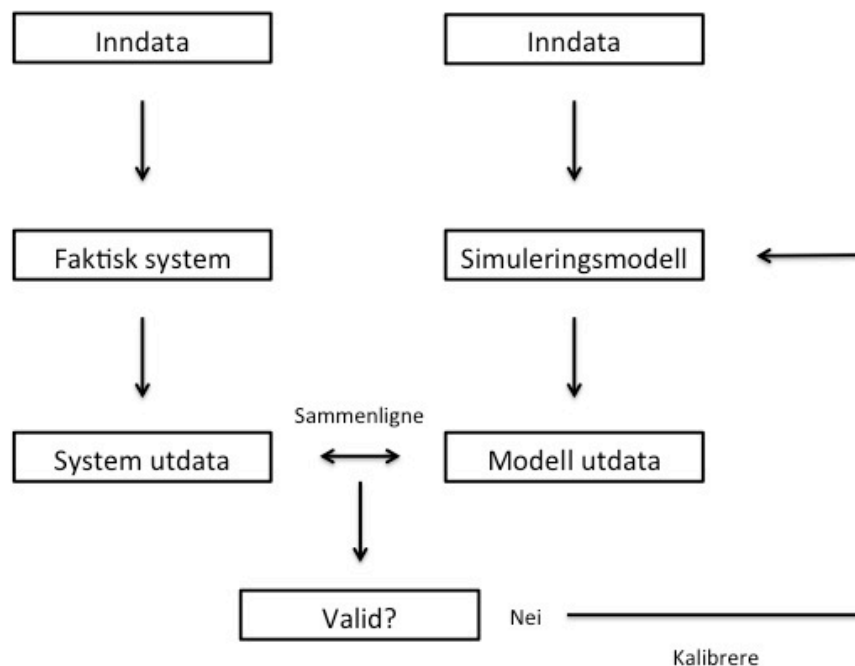
Figur 14 – Maximum Give Way Time

## 4. Validering og kalibrering av en modell

Kapittelet vil kort forklare den generelle prosessen rundt kalibrering og validering av en modell. Deretter blir sammenligningsprosessen diskutert, hvor det avklares hvordan gjennomsnittlig kølengde og avvirket trafikkmengde kan brukes i sammenligningen. Til slutt diskuteres det hvordan man burde justere parametere i vikepliktmodellen.

### 4.1. Generelt om validering og kalibrering

Validering er en prosess hvor man tester om en modell faktisk representerer virkeligheten, at metoden er egnet og gir gyldige resultater . Dette krever at man må kalibrere modellen. Å kalibrere en modell vil si at man justerer parameterne i modellen, slik at resultatet fra modellen er tilsvarende det observerte systemet. Hvis man ikke oppnår akseptable resultater, må man avvise modellresultatene og omkalibrere noen aspekter av modellen, til man oppnår utdata fra modellen og systemet som samsvarer med hverandre. Tabell 17 viser en systemskisse for validering- og kalibreringsprosessen (Transport Simulation Systems, 2014).



Figur 15 - Validering og kalibreringsprosessen

Hvis man oppnår resultater som samsvarer, må man videre vurdere om denne metoden skaper en valid modell for systemet som helhet, eller om modellen kun er representativ for en del av inndataene. For å gjøre det må man ha to uavhengige datasett, en for kalibrering og en for validering. Det første burde altså brukes for å kalibrere modellen

og parameterne, og den andre for å kjøre den kalibrerte modellen for å vurdere resultatenes validitet.

## 4.2. Sammenligningsprosessen

For å kunne vurdere om modellens resultater samsvarer med de observerte situasjonene, er det nødvendig å ha et felles sett med parametere for utdata. Aimsun produserer en rekke resultater, både for nettverket som helhet, og også for enkeltstrekninger. Disse resultatene er for eksempel trafikkvolum, hastighet, reisetid, kølengder, forsinkelse og antall stopp. Å vurdere de samme aspektene ved virkeligheten er ikke alltid like enkelt, siden man ofte må ha avansert registreringsutstyr eller bruke mye tid på registreringene.

Kølengde er en metode å vurdere kapasiteten til et kryss. Ved store kølengder er det et større antall kjøretøy som ønsker å passere krysset, enn det som er mulig. Kapasiteten til krysset er dermed nådd, og trafikkavviklingen er redusert. Man kan også enkelt observere om det oppstår køer ved et kryss.

Aimsun skiller mellom to typer kølengde, *mean queue* og *max queue*. Gjennomsnittlig kølengde blir definert som den gjennomsnittlige lengden av kø i løpet av en bestemt periode på en strekning, uttrykt som antall kjøretøy per felt. Maksimal kølengde blir definert som den maksimale lengden av kø på en strekning i løpet av en periode, uttrykt som antall kjøretøy per felt (Transport Simulation Systems, 2014).

Aimsun definerer videre at et kjøretøy er i kø når det oppnår stopp på en strekning. En stopp defineres som når et kjøretøy er under en bestemt hastighet. Det sier også at kjøretøyet ikke lengre er i den samme køen, når det oppnår en hastighet større enn bestemt hastighet.

Å gjøre manuelle målinger av kølengde har flere utfordringer. Foran et kryss kan en kølengde defineres som antall kjøretøy som er i stillstand, og registreringene kan gjøres ved å telle antall kjøretøy. Problemet vil være at man må gjøre tellinger på flere tilfarter samtidig. I tillegg vil en kø være i bevegelse, både ved at kjøretøy får kjøre inn i krysset, og at det ankommer flere kjøretøy bak i køen.

For å kunne beregne gjennomsnittlige kølengder, burde man registrere kølengder kontinuerlig. Dette vil være vanskelig å gjøre i praksis, så det er vanlig å gjøre registreringer hvert 20-30 sekund ved manuelle metoder.

Avviklet trafikkmengde er en annen parameter som forholdsvis enkelt kan registreres manuelt. Avviklet trafikkmengde blir definert som antall kjøretøy som blir avviklet gjennom en strekingen eller et kryss, i løpet av en tidsperiode. I Aimsun kalles dette *Count*, hvor Aimsun registrerer antall kjøretøy som passerer gjennom en strekning eller en detektor i løpet av en periode.

For hvert av studieområdene er det utført registreringer på to ulike dager. Dette gjør at man får to uavhengige datasett for trafikkavviklingen, men som ellers har tilnærmet like forhold.

### **4.3. Parametere som brukes i kalibreringsprosessen**

Hensikten med oppgaven er å vurdere vikepliktmodellen i Aimsun. Sentrale parameterne i denne modellen er *Initial Safety Margin*, *Final Safety Margin*, *Initial GW Time Factor*, *Final GW Time Factor*, *Visibility to Give Way* og *Visibility along Main Stream*, som ble nærmere forklart i delkapittel 3.9

Flere av disse parameterne er vanskelig å observere og måle i virkeligheten. Det gjelder både fordi man må ha et stort datagrunnlag for å kunne si noen om den gjennomsnittlige bilføreren, men mest fordi det er vanskelig å kunne måle hvorfor bilførere velger å gjøre som de gjør kun ved å observere dem.

I oppgaven er det derfor valgt å se på kritisk tidsluke, for å kunne anslå hvor stor en tidsluke må være for at en gjennomsnittlig bilfører på en underordnet trafikkstrøm skal velge å benytte seg av den. Verdiene for sikkerhetsmargin vil nødvendigvis være mindre enn kritisk tidsluke, slik at man har hatt en maksimumsverdi å gå ut fra.

Tidsfaktorene *Initial GW Time Factor* og *Final GW Time Factor* er testet ut med ulike verdier, for å se hva slags påvirkning disse har hatt for resultatet.

Synlighetssonene kan fastsettes ved å måle avstanden fra når man ser et vikepliktskilt, og å måle hvor langt man ser langs hovedvegen når man ankommer vikelinjen.

Etter justering av parameterne i modellen, har man sammenlignet modellens utdata med de observerte verdiene. Når man har oppnådd forholdsvis like resultater, har man beholdt parameterjusteringene, og testet modellen for det andre datasettet, for å kunne vurdere om disse kan overføres til andre situasjoner.



## 5. Beskrivelse av studieområdet

Dette kapittelet diskuterer hva slags kriterier et studieområde burde oppfylle for at det skal kunne brukes i oppgaven. Det forteller også hvilke områder som ble vurdert, og hvorfor man kom frem til de to rundkjøringene ved Nidarvoll og Moholt.

### 5.1. Kriterier for studieområdet

For å kunne kalibrere en modell, er det viktig å ha relevante studieområder for å kunne sammenligne resultatene fra modellen med virkelige registreringer og observasjoner. I oppgaven har ulike parametere for vikeplikt blitt vurdert. Det er derfor valgt å kun se på kryssformen rundkjøring. Rundkjøring har kun to trafikkstrømmer, hvor den ene har vikeplikt for den andre. Dette gjør at man lettere kan registrere tidsluker, og man reduserer mulighetene for at flere faktorer spiller inn samtidig.

Det er i tillegg flere andre kriterier som har vært viktig å kartlegge, for at et område skal være egnet, og at registreringene ikke skal bli påvirket av flere faktorer. En av disse har vært at rundkjøringen ikke blir påvirket av trafikk fra andre kryss. Dette kan for eksempel være tilbakeblokkering fra et signalanlegg, som gjør at det står kø gjennom rundkjøringen, eller at de to trafikkstrømmene begynner å flette seg inn i hverandre. I slike situasjoner vil man ikke lengre følge normale trafikkregler med vikeplikt, og parameterne vil dermed være umulig å vurdere.

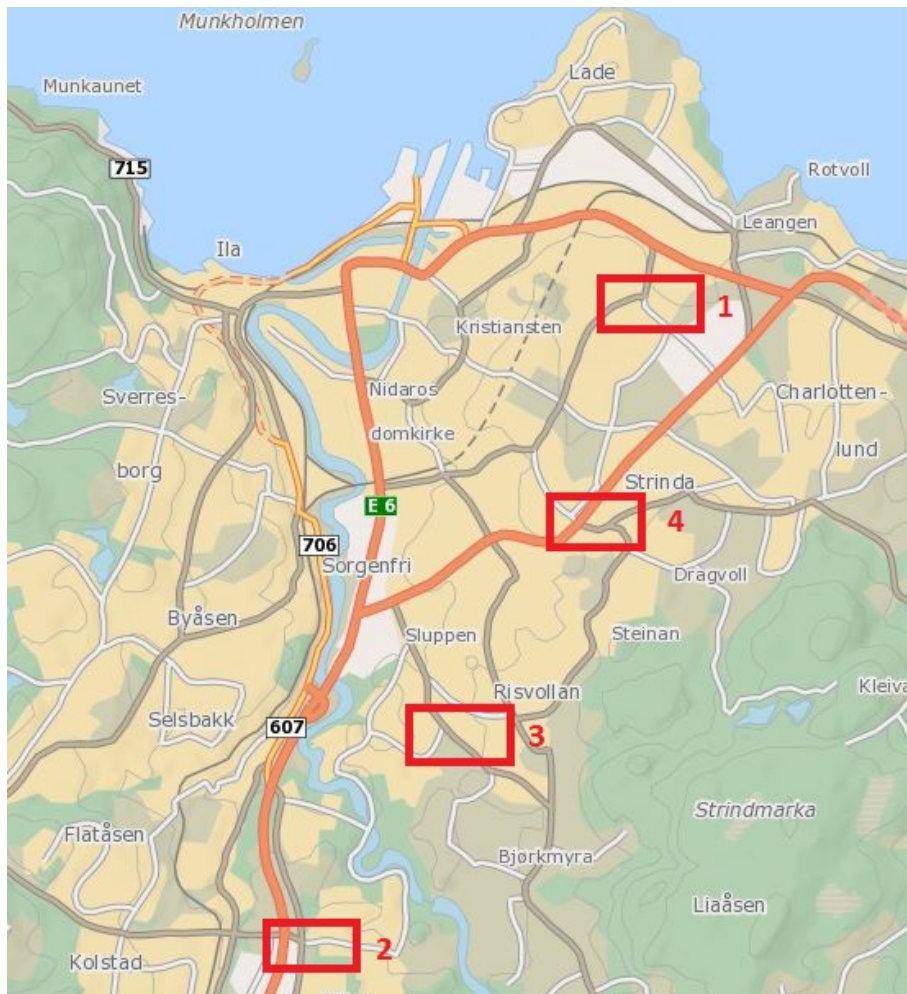
Det har også vært viktig å finne rundkjøring med stor nok trafikkmengde, helst fra alle tilfarter. Stor trafikkmengde fra flere tilfarter vil føre til at det dannes kontinuerlig kø på minst en av tilfartene. På den måten kan man både vurdere vikepliktparameterne, registrere tidsluker, og man kan sammenligne resultater for kølengder.

Det er også prøvd å finne rundkjøring med kun ett felt, både sirkulerende og tilfartsfelt, slik at det er lettere å registrere trafikkvolumet og at kjøretøyene ikke blir påvirket av hverandre. I svært mange rundkjøring er det brede tilfartsfelt, slik at det i praksis oppstår to felt. Det er derfor ikke lagt stor vekt på dette kriteriet for å finne egnede studieområder.

Praktiske årsaker har også gjort at man har begrenset seg til Trondheim.

### 5.2. Befaring

For å finne egnede studieområder ble det gjennomført befaring til flere rundkjøring i Trondheim. Før befaringen undersøkte man på kart i områder med forventet mye trafikk, etter rundkjøring med kun ett felt, både sirkulerende og innkjøringsfelt. Dette resulterte i fire forskjellige områder i Trondheim, hvor noen av områdene hadde flere rundkjøring. Lokasjonen til disse er vist i Figur 16.



**Figur 16 - Oversikt over aktuelle studieområder**

1. Valentinlyst, to rundkjøringer
2. Sjetnemarka, en rundkjøring
3. Nidarvoll, to rundkjøringer
4. Moholt, to rundkjøringer

**Valentinlyst mandag 24.03 kl. 15:00-16:00**

På Valentinlyst var det to aktuelle rundkjøringer, vist i Figur 17. Den østlige rundkjøringen har fem armer, hvor hovedvegen Kong Øysteins veg går tvers gjennom. To av armene går til bebyggelsesområder, Bromstadekra i sør og Fernanda Nissens veg i nord. Nordover er også inn- og utkjøring til Plantasjen.

Den vestlige rundkjøringer har fire armer, hvor den vestlige er avslutningen til Kong Øysteins veg. Østlig arm er Belbuvegen som går til et mindre boligområde. I nord/sør-aksen går Bromstadvegen. I nord går den til Innherredsvegen, mens i sør går den gjennom bebyggelse og møter på E6 Omkjøringsvegen.





**Figur 17 - Vurdert studieområde 1: Valentinlyst**

Det var forventet at det ville være en betydelig trafikkmenge gjennom disse rundkjøringene, siden dette er hovedfartsåren gjennom en bydel med stor bebyggelse, og går til andre viktige veier. Det var derimot mindre trafikk enn forventet, og mesteparten kom fra samme tilfart, slik at det sjelden oppsto kø. Disse rundkjøringene ansees derfor som ikke brukbare videre i oppgaven.

#### **Sjetnemarka mandag 24.03 kl. 16:15-1700**

Rundkjøringen i Sjetnemarka har tre armer: Gamle Okstadbakkan i nord, Østre Rosten i sør, og Ytre Ringveg i nordvest, vist i Figur 18. Gamle Okstadbakkan benyttes hovedsakelig for adkomst til ulike boligstrøk, Østre Rosen går mot et kjøpesenterområde, og Ytre Ringveg er i tilknytning til Tonstadkryssene, som er koblet til av- og påkjøringsrampene til E6 sør for byen.

Rundkjøringen hadde som forventet mye trafikk, men på grunn av et nærliggende signalanlegg i Tonstadkrysset oppsto det tilbakeblokkering til og gjennom rundkjøringen. Dette gjorde at det var uregelmessige tilstander, og man fulgte ikke lengre trafikkregler, men flettet trafikken for å oppnå best mulig flyt. Dette gjør at denne rundkjøringen ikke brukes videre i oppgaven.

#### **Nidarvoll onsdag 26.03 kl. 15:00-1600**

På Nidarvoll ligger det to nærliggende rundkjøringer, som begge har Bratsbergvegen i nord/sør-aksen. Den nordlige rundkjøringen er trearmet, hvor den siste armen går i vestlig retning i Sluppenvegen. Den sørlige rundkjøringen har Leirfossvegen i vestlig retning, og Klæbuvegen i østlig retning. Rundkjøringene er vist i Figur 19.



**Figur 18 - Vurdert studieområde 2: Sjetnemarka**

Bratsbergvegen er hovedvegen i dette området, og er en adkomstveg for boligområder sør for rundkjøringene. Den er også knyttet opp til E6 Omkjøringsvegen rett nord for rundkjøringene. Sluppenvegen går gjennom et område med flere bedrifter, og ender i Tempevegen og Sluppen bru, som er kjent for å store avviklingsproblemer. Klæbuvegen går hovedsakelig til boligområder, og Leirfossvegen går til industri- og bedriftsområder. Dette gjør at det er forventet mye trafikk i området.

Under observasjonene var det mye trafikk i alle tilfartene i den nordlige rundkjøringen. Det var mest i Sluppenvegen, hvor det ofte sto kontinuerlig kø. I den sørlige rundkjøringen var det også en del trafikk, men ikke nok til at det ble kontinuerlig kø.

Den nordlige rundkjøringen på Nidarvoll ble derfor vurdert videre som et aktuelt studieområde.





Figur 19 – Vurdert studieområde 3: Nidarvoll

**Moholt onsdag 26.03 kl. 16:15- 17:00**

I området på Moholt er det tre rundkjøringer, men kun to som ble sett på som aktuelle studieområder, se Figur 20. Den østlige rundkjøringen har fire armer, hvor tre av disse går til ulike boligområder. Disse er Vegamot, Jonsvannsveien nord og Steinanvegen. Fjerde arm, Jonsvannsveien sør, er knyttet opp til den tredje rundkjøringen som igjen er knyttet opp til E6 Omkjøringsvegen.

Under befaringen ble det observert mye trafikk fra Jonsvannsveien sør, men svært lite trafikk fra de andre tilfartene. Dette gjorde at det aldri oppsto kø, siden tidslukene var mellom 20 og 30 sekund. Denne rundkjøringen vil dermed være lite egnet å se videre på.

Den vestlige rundkjøringen består av armene Jonsvannsveien i øst/vest-aksen, Brøsetvegen i nord, og ramper til E6 i sør. I denne rundkjøringen var det mer jevn trafikkmengde fra alle tilfartene, uten at det oppsto større avviklingsproblemer. Tidligere erfaringer i området tilser at det ville være mer kø i morgenrushet, så det ble

utført en ekstra befarings ved en annen anledning. Denne gangen ble oppsto det kontinuerlig kø inn mot rundkjøringen fra Jonsvannsveien øst.



Figur 20 – Vurdert studieområde 4: Moholt

Den vestlige rundkjøringen på Moholt ble derfor vurdert videre som et aktuelt studieområde.

### 5.3. Valgte studieområder

Etter befaringene ble kun den vestlige rundkjøringen på Moholt og den nordlige rundkjøringen på Nidarvoll ansett som aktuelle som studieområde. Begge oppfylte de forhåndsdefinerte kravene til en viss grad under observasjonene, og ved observasjoner ved en lengre tidsperiode ble det derfor forventet at disse ville fungere.

Begge disse rundkjøringene har blitt undersøkt i en tidligere masteroppgave, hvor det ble gjort videoopptak (Myre, 2010). Videoopptakene viste en trafikk situasjon som lignet på det som ble erfart under befaringene. Gjennom sammenligning av bilder er det heller ikke kommet frem til at det har blitt gjort noen endringer med geometrien i rundkjøringene, eller i områdene rundt. For å spare tid, ble det derfor valgt å gjenbruke disse opptakene.

En negativ konsekvens med å gjenbruke opptak er at man ikke har selv mulighet til å erfare hvordan situasjonen var utenfor det man får sett på opptaket. Man må kunne stole på at tidspunkter stemmer overens med det som er oppgitt, og at andre registreringer er korrekte. Fordelen er at man sparer tid. Man slipper å finne passende sted å sette ut kamera og gjøre prøveopptak, og man slipper å gjøre selve opptakene. Fordelene ble sett på som større enn ulempene, og derfor ble det valgt å gjenbruke de tidligere opptakene.



## 6. Datainnsamling

Kapittelet presenterer kort de to valgte studieområdene. Deretter forklares hvilke data som er samlet inn, og hvordan dette er gjort gjennom befaringer i studieområdene, registreringer fra videoopptak, ved måling på kart og flyfoto, og gjennom informasjonsinnsamling fra ulike internettkilder. Det er også forklart hvordan etterspurt trafikkmengde blir beregnet.

### 6.1. Nidarvoll

Rundkjøringen ved Nidarvoll har tre armer, hvor alle tre har fotgjengerovergang i nærheten av rundkjøringen, se Figur 21. Det er fartsgrense 50 km/t på alle tilfarter. Under befaringen ble det lagt merke til at hastigheten på Bratsbergvegen nord var noe høyere enn de andre tilfartene.



Figur 21 - Studiemråde Nidarvoll

Sluppenvegen har flere av- og påkjørsler i nærheten av rundkjøringen. Videoopptakene viser at ved kontinuerlig kø flettes disse inn i køen, og avviklingen i rundkjøringen blir

ikke påvirket av dette i stor grad. Det er derfor ikke tatt hensyn til disse avkjørslene under modelleringen av geometrien i Aimsun. Trafikk som svinger inn på tilfarten, er registrert som avvirket trafikkmengde når det kjører inn i rundkjøringen.

Det er brukt videoopptak fra to ulike dager, begge i ettermiddagsrushet. Tidspunktene er vist i Tabell 2.

Tabell 2 - Oversikt over filmopptak, Nidarvoll

Ukedag	Dato	Tidspunkt
Tirsdag	09.03.10	15:30 – 16:30
Mandag	22.03.10	15:30 – 16:30

## 6.2. Moholt

Rundkjøringen ved Moholt har fire armer. To av disse, Jonsvannsveien vest og Brøsetvegen, har fotgjengerovergang. Jonsvannsveien øst har to felt i begge retninger. Det er fartsgrense 50 km/t på alle tilfarter.



Figur 22 – Studieområde Moholt

Det er gjort videoopptak på to ulike dager, begge i morgenrushet. Tidspunktene er vist i Tabell 3.

Tabell 3 – Oversikt over filmopptak, Moholt

Ukedag	Dato	Tidspunkt
Onsdag	24.03.10	07:30 – 08:30
Onsdag	07.04.10	07:30 – 08:30

### 6.3. Innsamlet data

#### Geometri

Geometriske mål til rundkjøringene og områdene rundt har blitt registrert ved å innhente flyfoto, og det er gjort målinger på disse gjennom kommunens databaser. Det er registrert diameter på sentraløyen, antall felt i hver tilfart og avkjørsel, plassering og bredde på fotgjengeroverganger, feltbredder, plassering og lengder på holdeplasser, og avstand mellom sentraløy og andre trafikkøyer.

#### Fotgjengere

Fotgjengere har blitt registrert ved å observere videoopptakene og blitt telt for perioder på fem minutt. Det er ikke tatt hensyn til hvilken retning de har gått. Det er heller ikke skilt mellom fotgjengere og syklister når disse har blitt registret. Dette er fordi de fleste syklistene gikk av sykkelen, og leide den over fotgjengerfeltet, og de få som syklet hadde lav hastighet.

Det er kun i enkelte utgaver av Aimsun hvor det er mulig å modellere fotgjengere. Utgaven som ble brukt i oppgaven har ikke dette tilgjengelig, og effekten som fotgjengerne har på trafikken er derfor ikke med i resultatene.

#### Kollektivtransport

I begge studieområdene ligger det holdeplasser for buss i nærheten av rundkjøringen. Ruteplanene for disse har derfor blitt undersøkt, og man har sammenlignet disse med de registrerte trafikkmengdene. Man har også undersøkt bussrutene, for å vite hvordan svingebevegelser bussene skal gjøre i rundkjøringen. Dette er også blitt sammenlignet med registreringene.

#### Avviklet trafikkmengde

Avviklet trafikkmengde har blitt registrert ved å observere videoopptakene. Det er gjort registreringer for alle svingebevegelser, og det er skilt mellom kjøretøyklassene lette kjøretøy, tunge kjøretøy og buss. Registeringene har blitt gjort i en time i rush, for intervaller på fem minutter.

#### Kølengde

Siden kølengdene ofte har vært lengre enn det man kunne observere på videoopptakene, er det valgt å bruke data som ble registrert samtidig som opptakene ble gjort. Disse har blitt gjort for hvert minutt, hvor man har anslått en lengde i meter. For å kvalitetssikre dataene, har de oppgitte kølengdene blitt vurdert opp mot videoopptakene.

### Etterspurt trafikkmengde

Som inndata for Aimsun er det brukt etterspurte trafikkmengder. Dette har blitt gjort siden det ved registreringene på enkelte tilfarter var kontinuerlige køer og dermed overmetning. Å bruke avviklede trafikkmengder vil som inndata vil dermed gi et feil bilde av trafikksituasjonen.

Etterspurt trafikkmengde har blitt beregnet ved å korrigere de avviklede trafikkmengdene for endring i kølengder. Dette har blitt gjort for intervaller på fem minutter. Endring i kølengder er derfor differansen mellom gjennomsnittlig kølengde i periode  $i$  og gjennomsnittlig kølengde i periode  $i + 1$ . Det er også tatt hensyn til andelen lette og tunge kjøretøy, og svingebevegelser fra tilfarten under beregningene:

$$q_{e_{i,j,k}} = q_{a_{i,j,k}} + \frac{q_{a_{i,j,k}}}{\sum_{j=1}^n q_{a_{i,j,k}}} * \frac{\bar{L}_{i+1} - \bar{L}_i}{7}$$

hvor  $q_e$  er etterspurt trafikkmengde,  $q_a$  er avviklet trafikkmengde,  $i$  er tidsintervall,  $j$  er kjøretøyklasse,  $k$  er svingebevegelse og  $L$  er gjennomsnittlig kølengde.

### Tidsluker

Tidsluker har blitt registrert ved å observere filmopptak, og bruke stoppeklokke for å måle luken mellom front-front på sirkulerende kjøretøy i rundkjøringen. Det er også registrert hvor mange kjøretøy som har kjørt inn i tidslukene.

Det er kun gjort registreringer på tilfarter som har kontinuerlig kø, og hvor vanlige trafikkregler har blitt praktisert. Ved noen tilfeller har prioriterte kjøretøy latt vikende tunge kjøretøy og busser kjøre gjennom rundkjøringen. Det har også oppstått situasjoner hvor det har vært gjennomgående kø i rundkjøringen på grunn av fotgjengere i fotgjengerfelt. Tidsluker har ikke blitt registrert for slike situasjoner.

I flere av tilfartene har det vært brede tilfartsfelt, slik at det tidvis ble to kjøretøy i bredden. Ved registreringene har man kun sett på et "felt" om gangen, og vanligvis har sidefeltet hatt for få kjøretøy til å kunne bli sett på som en kontinuerlig kø.



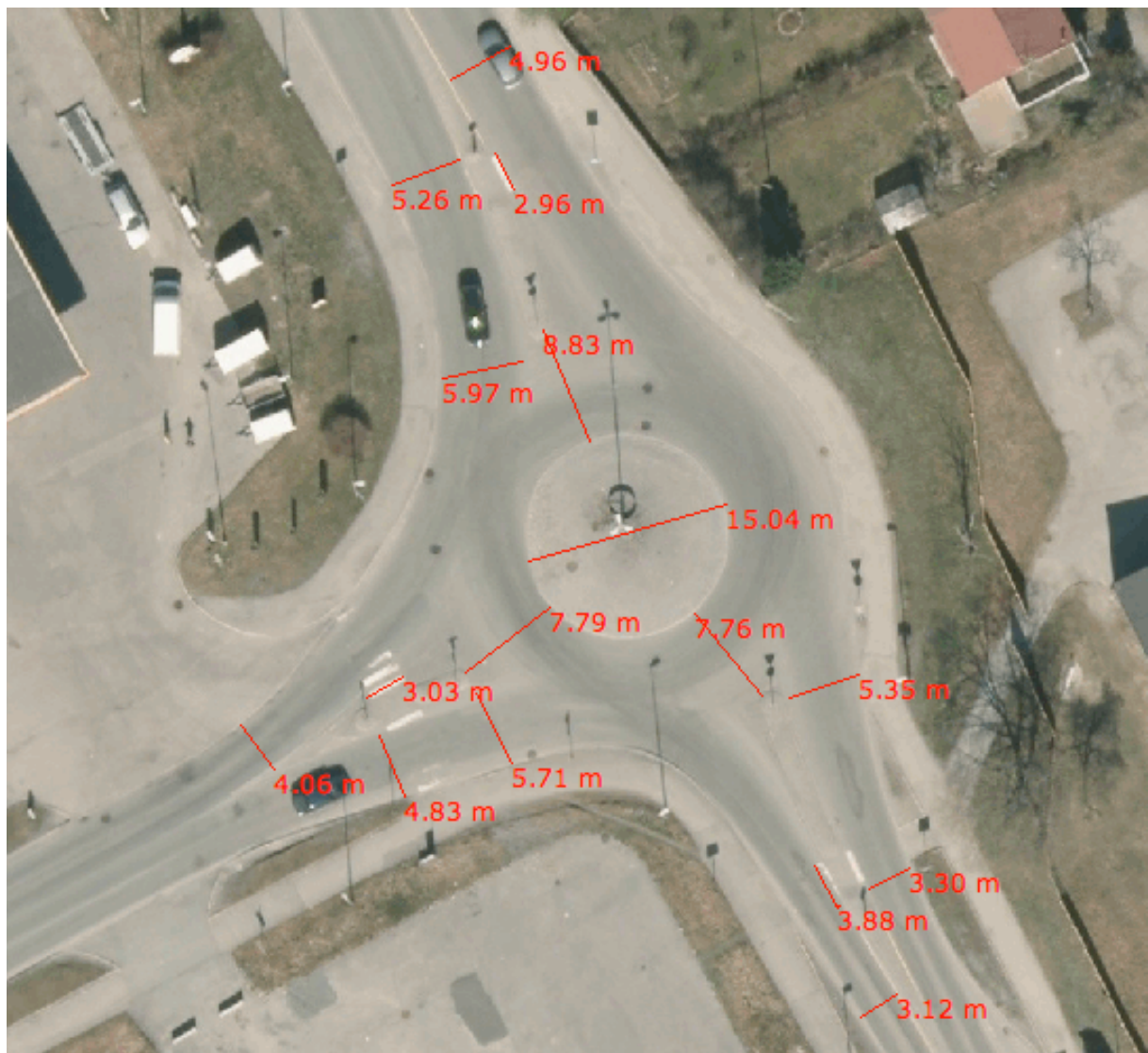
## 7. Resultater for datainnsamling

I dette kapitlet presenteres de resultatene for datainnsamlingen som ble forklart i forrige kapittel. Dette blir brukt som inndata i Aimsun og i sammenligningen av resultatene ved kalibreringen. Større tabeller er presentert i vedlegg, og beregningene er lagt ved som Excel-filer.

### 7.1. Geometri

Flyfoto og geometriske mål i figurene nedenfor er hentet fra Trondheim kommunes nettsider (Trondheim kommune). Dette har blitt brukt for å modellere geometrien til rundkjøringene i Aimsun. På grunn av uklare bilder vil målene bli noe unøyaktig, men det antas at dette ikke vil ha stor innvirkning på resultatene i Aimsun.

#### Geometri Nidarvoll

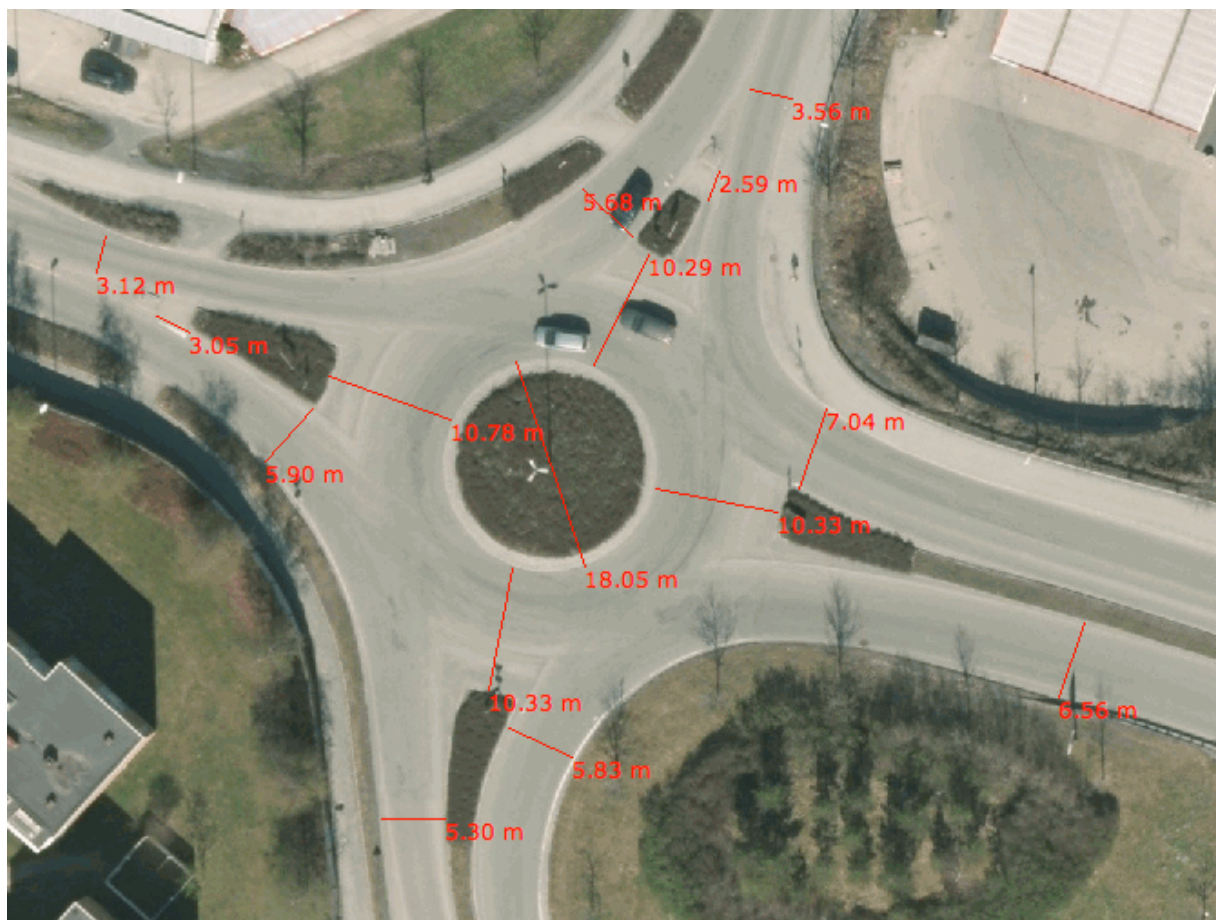


Figur 23 – Geometriske mål ved Nidarvoll

Figur 23 viser de viktigste geometriske målene ved rundkjøringen på Nidarvoll. I tillegg har man målt at bussholdeplassen *Nidarvoll skole* er 37,6 meter lang på tilfarten. På utkjørselen er den 50,3 meter. Avstand fra fotgjengerfelt til bussholdeplass er henholdsvis 14,5 meter og 28,9 meter.

### Geometri Moholt

Figur 24 viser de viktigste geometriske målene ved rundkjøringen på Moholt. I tillegg har man målt at bussholdeplass *Brøsetvegen* på Brøsetvegen er 33,2 meter lang. Bussholdeplass *Moholt Storsenter* på Jonsvannsveien er 38,5 meter lang. Avstand fra fotgjengerfelt til bussholdeplass er henholdsvis 20,1 meter og 11,5 meter.



Figur 24 – Geometriske mål ved Moholt

## 7.2. Fotgjengere

Både under befaring og på videoopptakene var det lite fotgjengere. Resultatene for antall fotgjengere er derfor presentert i perioder på 15 minutt.

Fotgjengernes påvirkning på trafikkavviklingen var varierende. Ofte krysset disse vegen når det ikke var kjøretøy tilstede, slik at de ikke hadde noen påvirkning. Flere krysset også mens det var kontinuerlig kø, samtidig som det ikke oppsto noen akseptable tidsluker for tilfarten. Disse hadde heller ikke noe påvirkning. Noen av fotgjengerne derimot, hadde påvirkning på trafikkavviklingen. Dette var både på grunn av at det

delvis oppsto gjennomgående kø i rundkjøringene, og at disse hindret at vikende kjøretøy kunne kjøre inn i akseptable tidsluker i rundkjøringen.

#### Nidarvoll 09.03.10

En oversikt over antall fotgjengere er oppgitt i Tabell 4. Det er flest fotgjengere over Bratsbergvegen sør, som ligger nærmest bussholdeplassen. Det er svært få fotgjengere over Bratsbergvegen nord.

Tabell 4 - Antall fotgjengere, Nidarvoll 09.03.10

Klokkeslett	Bratsbergvegen nord	Sluppenvegen	Bratsbergvegen sør
15:30 - 15:45	1	2	5
15:45 - 16:00	1	6	9
16:00 - 16:15	1	2	4
16:15 - 16:30	1	2	10
<b>Sum</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>28</b>

#### Nidarvoll 22.03.10

Tabell 5 viser at antallet og fordelingen av fotgjengere på Nidarvoll 22.03 er omtrent som under registreringen 09.03.

Tabell 5 - Antall fotgjengere, Nidarvoll 22.03.10

Klokkeslett	Bratsbergvegen nord	Sluppenvegen	Bratsbergvegen sør
15:30 - 15:45	1	2	4
15:45 - 16:00	2	3	10
16:00 - 16:15	4	6	5
16:15 - 16:30	2	3	6
<b>Sum</b>	<b>9</b>	<b>14</b>	<b>25</b>

#### Moholt 24.03.10

Tabell 6 viser en oversikt over antall fotgjengere over tilfartene til rundkjøringen på Moholt. Brøsetvegen har klart størst andel av fotgjengerne.

Tabell 6 - Antall fotgjengere, Moholt 24.03.10

Klokkeslett	Jonsvannsveien vest	Brøsetvegen
15:30 - 15:45	4	17
15:45 - 16:00	4	22
16:00 - 16:15	7	13
16:15 - 16:30	3	10
<b>Sum</b>	<b>18</b>	<b>62</b>

#### Moholt 07.04.10

Tabell 7 viser hvordan fotgjengere fordeler seg på felt og tidspunkt på Moholt 07.04. I forhold til Tabell 6 ser man at antallet har økt kraftig. Dette kan komme av at det var

bedre vær under denne registreringen, og dermed bedre forhold for fotgjengere og syklister.

Tabell 7 - Antall fotgjengere, Moholt 07.04.10

Klokkeslett	Jonsvannsveien vest	Brøsetvegen
15:30 - 15:45	5	19
15:45 - 16:00	6	29
16:00 - 16:15	6	23
16:15 - 16:30	11	20
Sum	28	91

### 7.3. Kollektivtransport

#### Nidarvoll

På Bratsbergvegen sør ligger holdeplassen *Nidarvoll skole* i begge retninger. I ettermiddagsrushet er det bussene 3, 48 og 54 som stopper på holdeplassen. Disse passerer holdeplassen henholdsvis 4, 1 og 2 ganger i timen, i begge retninger (AtB, 2014). Dette stemmer godt overens med det som ble observert på filmopptakene.

#### Moholt

Det er to holdeplasser i nærheten av rundkjøringen. Disse ligger ved tilfarten i Brøsetvegen, *Brøsetvegen*, og i utkjørselen i Jonsvannsveien vest, *Moholt storsenter*. I morgenrushet er det bussene 5 og 36 som stopper på *Brøsetvegen*, begge 6 ganger i timen, og buss 9 som stopper på *Moholt storsenter* 6 ganger i timen. Dette stemmer overens med det som er observert på opptakene.

I tillegg er det flere bussruter som går gjennom rundkjøringen, men som ikke har noen holdeplasser i studieområdet. Fra Jonsvannsveien vest til Jonsvannsveien øst er det to bussruter, 5 og 66, som begge har 6 avganger i timen. Fra Jonsvannsveien øst til Brøsetvegen går bussrute 9, med 4 avganger i timen. Dette stemmer også overens med det som er observert på opptakene (AtB, 2014).

Svingebevegelsen Jonsvannsveien øst til Rampe E6 har i følge opptakene 8 bussavganger i timen, mens dette stemmer ikke overens med dagens rutetabeller. Det er derfor mulig at det har vært endringer i rutetabellen, eller at dette er busser som ikke er i rute. På grunn av at disse bussene ikke er knyttet opp til noen holdeplasser i området, er det derfor valgt å definere dem som vanlige tunge kjøretøy i kodingen i Aimsun.

### 7.4. Trafikkmengder

I dette delkapittelet blir de avviklede trafikkmengdene presentert. Avviklet trafikkmengde vil si de registrerte trafikkmengdene som ble observert under videoopptakene. Disse er oppgitt for hvert tiende minutt, og angir den totale

trafikkmengden som avvikles fra hver tilfart. Etterspurt trafikkmengde per femte minutt er oppgitt i vedlegg 2-5, og er angitt for hver svingebevegelse og kjøretøytype.

### Nidarvoll 09.03.10

Tabell 8 viser den avviklede trafikkmengden for rundkjøringen på Nidarvoll 09.03. Ved registreringene ble det observert mange u-svinger fra Bratsbergvegen nord. Dette ikke ble observert i de andre tilfartene.

I hele perioden avvikles det jevnt over mye trafikk fra alle tilfartene. Det er størst trafikk fra Bratsbergvegen nord, som kan forklares av at dette er i ettermiddagsrushet. Det er lavest mengde fra Sluppenvegen, som har sammenheng med at det på denne tilfarten var kontinuerlig kø store deler av tiden.

Tabell 8 - Avviklet trafikkmengde, Nidarvoll 09.03.10, 15:30 - 16:30

Avviklet trafikkmengde (kjt. per 10 minutter), Nidarvoll 09.03			
Fra:	Bratsbergvegen nord	Sluppenvegen	Bratsbergvegen sør
15:30 - 15:40	131	79	100
15:40 - 15:50	161	93	105
15:50 - 16:00	177	83	109
16:00 - 16:10	168	108	107
16:10 - 16:20	183	86	147
16:20 - 16:30	196	94	119

### Nidarvoll 22.03.10

Tabell 9 viser avviklet trafikk for Nidarvoll, 22.03. Sammenlignet med Tabell 8 ser man at trafikkmengdene, både fordelt på tilfart og tidspunkt, er ganske likt for de to periodene.

Tabell 9 - Avviklet trafikkmengde, Nidarvoll 22.03.10, 15:30 - 16:30

Avviklet trafikkmengde (kjt. per 10 minutter), Nidarvoll 22.03			
Fra:	Bratsbergvegen nord	Sluppenvegen	Bratsbergvegen sør
15:30 - 15:40	165	101	118
15:40 - 15:50	182	102	118
15:50 - 16:00	173	87	108
16:00 - 16:10	177	83	153
16:10 - 16:20	208	103	139
16:20 - 16:30	156	96	94

### Moholt 24.03.10

Tabell 10 viser avviklet trafikkmengde for de ulike tilfartene på Moholt, 24.03. Størst trafikkmengde finner man på Jonsvannsveien øst, som kan forklares av at det er morgenrush. For Brøsetvegen og rampe fra E6 er det jevnt antall kjøretøy i hele perioden, mens Jonsvannsveien øst og vest har et tydeligere toppunkt i midten av perioden.

Tabell 10 – Avviklet trafikkmengde, Moholt 24.03.10, 07:30 – 08:30

Avviklet trafikkmengde (kjt. per 10 minutter), Moholt 24.03				
Fra:	Jonsvannsveien vest	Brøsetvegen	Jonsvannsveien øst	E6 Rampe
07:30 - 07:40	69	48	210	40
07:40 - 07:50	99	34	225	55
07:50 - 08:00	109	46	265	64
08:00 - 08:10	109	44	251	53
08:10 - 08:20	87	34	173	51
08:20 - 08:30	86	38	182	44

### Moholt 07.04.10

Tabell 11 viser den avviklete trafikkmengden i morgenrushet på Moholt 07.04. Sammenlignet med Tabell 10 ser man trafikkmengden er ganske lik. Det er avviklet noe lavere trafikkmengde på Jonsvannsveien øst, noe som kan ha sammenheng med at det var kortere kølengder på samme tilfart.

Tabell 11 – Avviklet trafikkmengde, Moholt 07.04.10, 07:30 – 08:30

Avviklet trafikkmengde (kjt. per 10 minutter), Moholt 07.04				
Fra:	Jonsvannsveien vest	Brøsetvegen	Jonsvannsveien øst	E6 Rampe
07:30 - 07:40	79	39	188	44
07:40 - 07:50	71	56	273	50
07:50 - 08:00	113	45	242	83
08:00 - 08:10	97	43	196	48
08:10 - 08:20	79	42	167	43
08:20 - 08:30	84	36	172	52

## 7.5. Kølengder

Kølengdene er registrert for hvert minutt, og har blitt registrert i antall meter. I figurene nedenfor er disse tallene presentert som gjennomsnitt for perioder på ti minutter, og man har endret benevnningen til antall kjøretøy. Det er ikke tatt hensyn til ulike kjøretøyklasser, og det er antatt at et kjøretøy i kø opptar i gjennomsnitt 7 meter, front til front.

### Nidarvoll 09.03.10

Tabell 12 – Kølengder, Nidarvoll 09.03.10

Gjennomsnittlig kølengde (kjt), Nidarvoll 09.03			
Fra:	Bratsbergvegen nord	Sluppenvegen	Bratsbergvegen sør
15:30 - 15:40	0	0	0
15:40 - 15:50	1	7	1
15:50 - 16:00	3	5	1
16:00 - 16:10	0	5	1
16:10 - 16:20	1	10	1
16:20 - 16:30	0	43	1

Tabell 12 viser gjennomsnittlig kølengder for Nidarvoll 09.03. Det er i hovedsak kun tilfarten fra Sluppenvegen som har kontinuerlig kø, og har opp mot 43 kjøretøy i gjennomsnittlig kø på slutten av perioden. For etterspurte trafikkmengder er det derfor kun korrigert for trafikk fra Sluppenvegen.

#### Nidarvoll 22.03.10

Tabell 13 viser gjennomsnittlig kølengder for Nidarvoll 22.03. Det er hovedsakelig Sluppenvegen som har køproblematikk, slik som det ble observert 09.03. Det er mot slutten av perioden det er størst kølengder. Toppunktet kommer i et intervall tidligere enn 09.03, og fordelingen av kølengder er jevnere. For etterspurte trafikkmengder er det kun korrigert for trafikk fra Sluppenvegen.

Tabell 13 - Kølengder, Nidarvoll 22.03.10

Gjennomsnittlig kølengde (kjt), Nidarvoll 22.03			
Fra:	Bratsbergvegen nord	Sluppenvegen	Bratsbergvegen sør
15:30 - 15:40	1	7	2
15:40 - 15:50	1	5	1
15:50 - 16:00	0	5	1
16:00 - 16:10	0	10	1
16:10 - 16:20	2	33	3
16:20 - 16:30	0	17	1

#### Moholt 24.03.10

Tabell 14 viser kølengder for tilfartene på Moholt 24.03. Det er skilt mellom venstre og høyre felt i Jonsvannsveien øst. Det er i hovedsak kun på Jonsvannsveien øst, høyre felt, hvor det oppstår kø, og det er derfor kun korrigert for kølengder på denne tilfarten. Det er antatt at kjøretøy som skal til rampen til E6 legger seg i venstre felt i Jonsvannsveien. Denne svingebevegelsen er derfor ikke med i korrigeringene for kølengder Jonsvannsveien øst, høyre felt.

Det er også noe kø på Jonsvannsveien vest, men man antar at dette ikke vil ha stor påvirkning på etterspurt trafikkmengde.

Tabell 14 - Kølengder, Moholt 24.03.10

Gjennomsnittlig kølengde (kjt), Moholt 24.03					
Fra:	Jonsvannsveien vest	Brøsetvegen	Jonsvannsveien øst		Rampe E6
			Venstre felt	Høyre felt	
07:30 - 07:40	2	1	0	2	0
07:40 - 07:50	2	1	0	35	0
07:50 - 08:00	7	1	1	80	0
08:00 - 08:10	6	2	1	19	0
08:10 - 08:20	2	0	0	2	0
08:20 - 08:30	2	1	0	2	0

### Moholt 07.04.10

Tabell 15 viser kølengdene for Moholt 07.04. I forhold til registreringene 24.03 ser man at kølengdene er jevnt over likt fordelt, men at de er mye kortere. Jonsvannsveien øst, høyre felt, har fortsatt lengst kø, men kun med 6 kjøretøy som lengste kølengde, mot 80 kjøretøy den 24.03. For begge registreringsperiodene er det rett før klokken 08:00 hvor køene er lengst.

Det er valgt å korrigere etterspurt trafikkmengde for kølengdene på Jonsvannsveien øst, høyre felt, siden det var kontinuerlig kø i dette feltet i lengre perioder.

Tabell 15 – Kølengder, Moholt 07.04.10

Gjennomsnittlig kølengde (kjt), Moholt 07.04					
Fra:	Jonsvannsveien vest	Brøsetvegen	Jonsvannsveien øst		Rampe E6
			Venstre felt	Høyre felt	
07:30 - 07:40	1	1	1	3	0
07:40 - 07:50	2	1	0	5	0
07:50 - 08:00	3	1	0	6	0
08:00 - 08:10	2	1	0	1	0
08:10 - 08:20	1	1	1	2	0
08:20 - 08:30	0	1	0	1	0

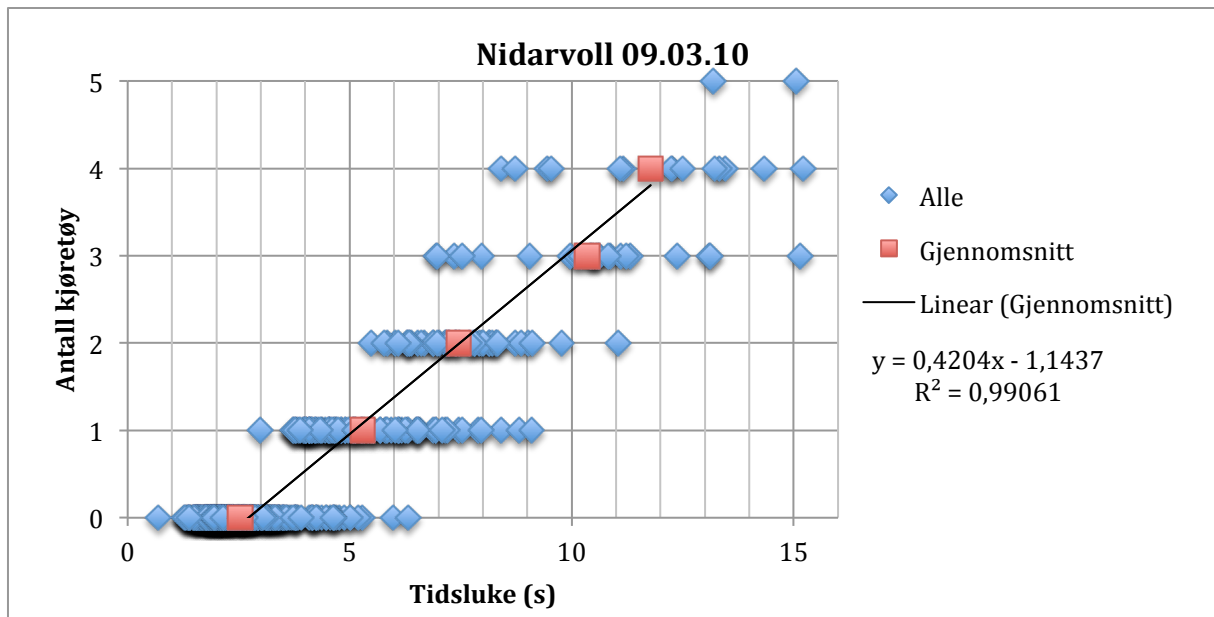
### 7.6. Kritisk tidsluke og følgetid

Kritisk tidsluke og følgetid har blitt regnet ut ved å bruke regresjonsmetoden, beskrevet i kapittel 2.4. Det har kun blitt registrert tidsluker for hvert av studieområdene for den ene dagen. Dette er valgt på grunn av at prosessen er tidkrevende, og man antar at datagrunnlaget for å vurdere kritisk tidsluke er tilstrekkelig for det som ble innsamlet.

### Nidarvoll 09.03.10

Figur 25 viser sammenhengen mellom tidsluker og antall kjøretøy som aksepterer dem. Det ble registrert 573 tidsluker, hvor hovedvekten ble benyttet av 0 kjøretøy. Ved plotting av regresjonsuttrykk er det kun tatt hensyn til tidsluker med 0-4 kjøretøy, siden det var for få tidsluker med flere kjøretøy.





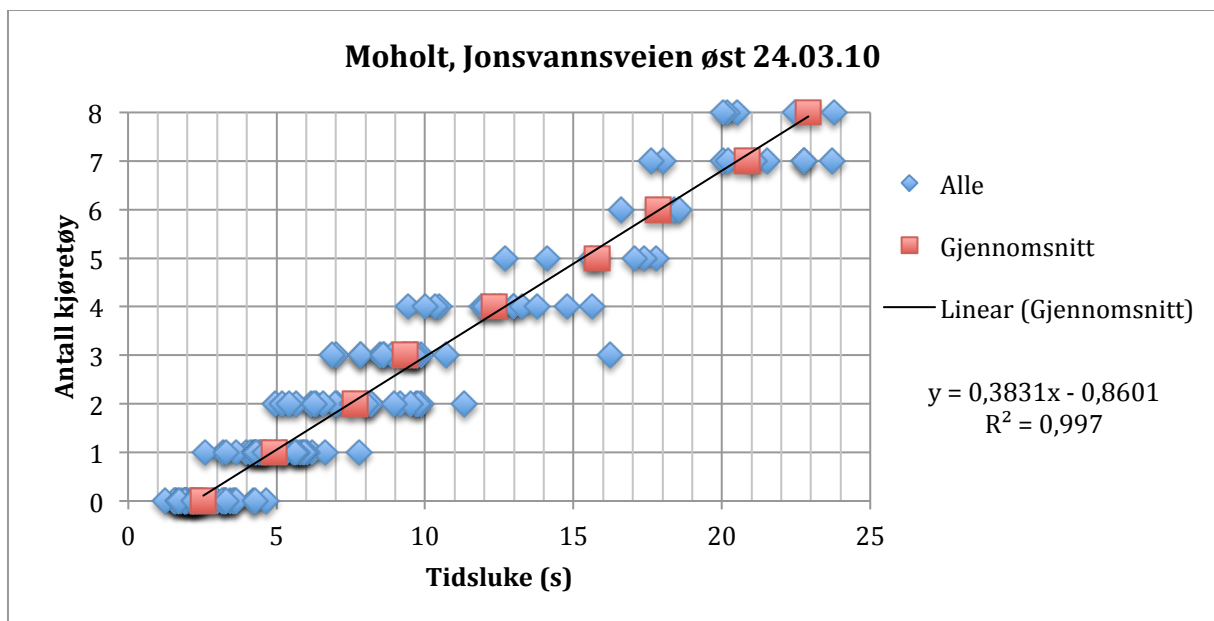
Figur 25 – Tidsluker for Nidarvoll, Sluppenvegen, 09.03.10

Beregninger ga en kritisk tidsluke på 3,91 sekund, og en følgeretid på 2,39 sekund.

#### Moholt 24.03.10

Ved Moholt ble det registrert tidsluker for to tilfarter, Jonsvannsveien øst og Jonsvannsveien vest.

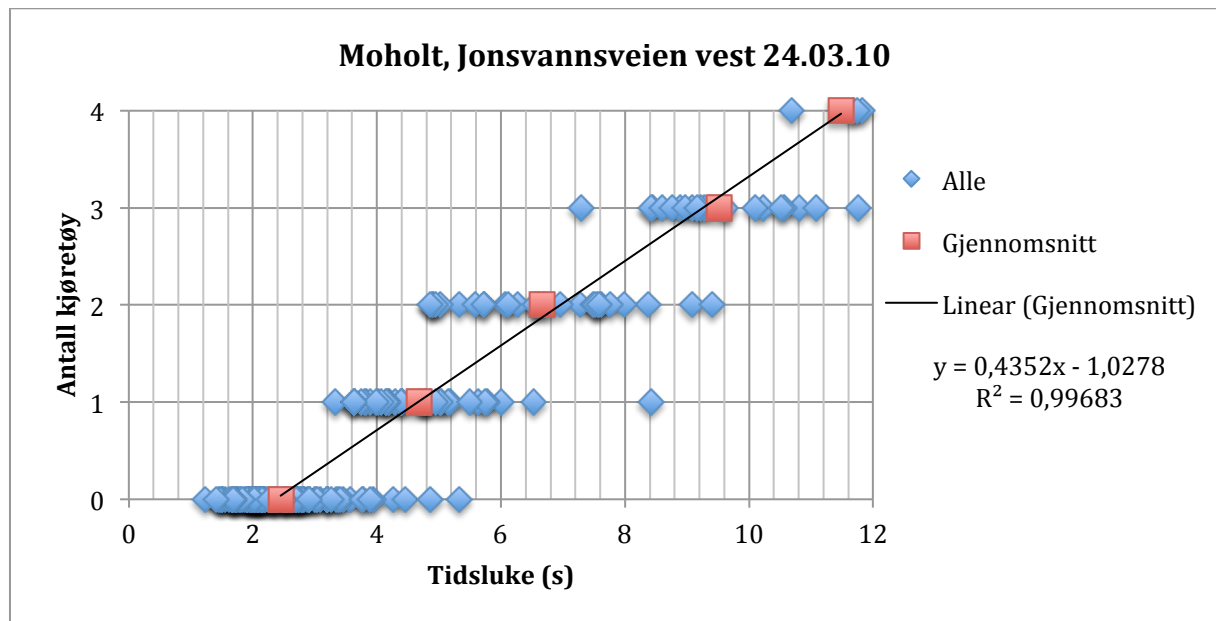
Ved Jonsvannsveien øst ble det gjort 169 registreringer. Mange av tidslukene var svært store, slik at den kontinuerlige køen ble oppløst før tidsluken ble avsluttet. Dette førte også til at man fikk god spredning i antall kjøretøy som valgte ulike tidsluker. I plottingen av regresjonsuttrykk har man tatt hensyn til tidsluker med 0-8 kjøretøy. Dette vises i Figur 26.



Figur 26 – Tidsluker for Moholt, Jonsvannsveien øst, 24.03.10

Beregninger ga en kritisk tidsluke på 3,55 sekund, og en følgetid på 2,61 sekund.

Ved Jonsvannsveien vest ble det gjort 208 registreringer. I plottingen av regresjonsuttrykk har man tatt kun hensyn til tidsluker med 0-4 kjøretøy, på grunn av få tidsluker med flere kjøretøy. Dette vises i Figur 27.



Figur 27 - Tidsluker for Moholt, Jonsvannsveien vest, 24.03.10

Beregninger ga en kritisk tidsluke på 3,51 sekund, og en følgetid på 2,30 sekund.

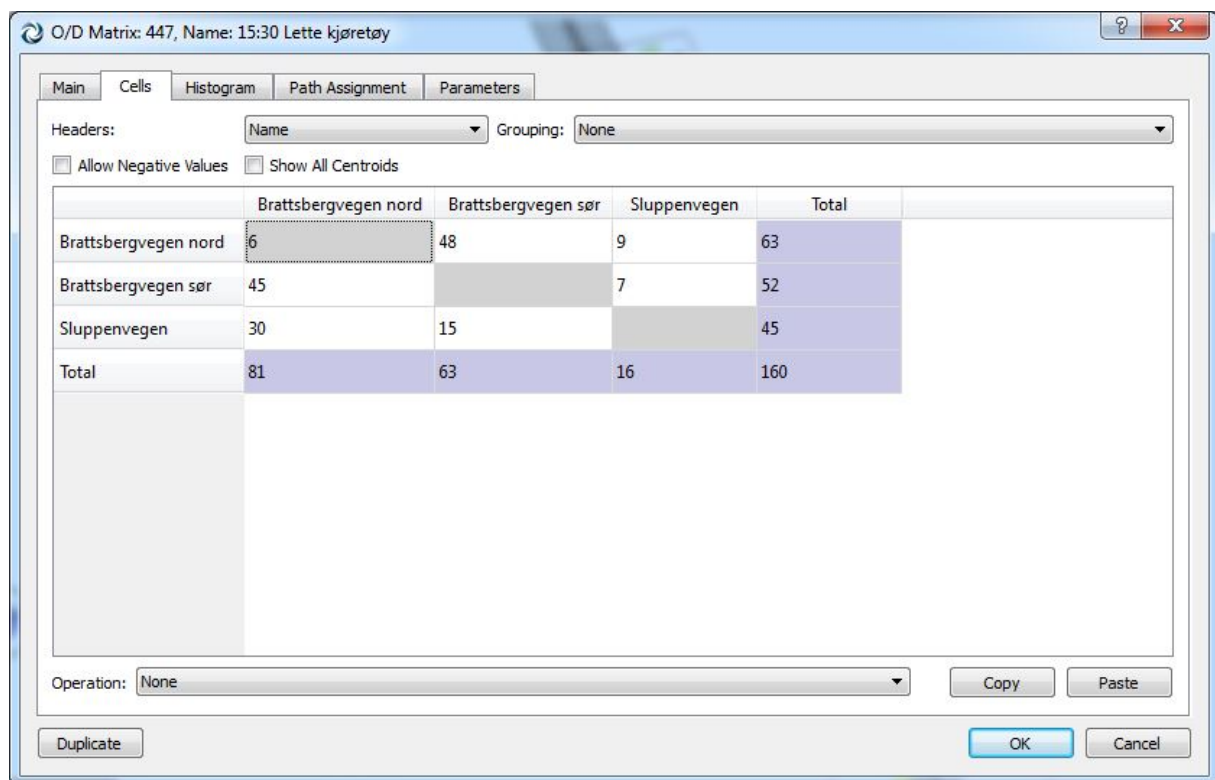
## 8. Modellering i Aimsun

Dette kapittelet ser på hvordan resultatene fra datainnsamlingen, presentert i forrige kapittel, er lagt inn i Aimsun. Deretter ser man på resultatene som Aimsun produserer for datasett 1, og sammenligner dette med resultatene for datainnsamlingen fra observasjonene.

### 8.1. Inndata

Flyfoto for hvert av studieområdene er lagt til som bakgrunnsbilde. Deretter er strekninger i nærheten av rundkjøringene definert, med antall felt, feltbredder, fartsgrenser og kjøreretning. Disse er så koblet sammen til i en node, rundkjøring, med oppgitt diameter på sentraløy. Veggeometrien er så tilpasset for å stemme overens med bakgrunnsbildet.

Deretter er sentroider koblet til strekningene, og man har lagt til de etterspurte trafikkmengdene i OD-matriser, i perioder på fem minutter. Dette er gjort for både tunge og lette kjøretøy. Et eksempel på en OD-matrise er vist i Figur 28.



	Brattsbergvegen nord	Brattsbergvegen sør	Sluppenvegen	Total
Brattsbergvegen nord	6	48	9	63
Brattsbergvegen sør	45		7	52
Sluppenvegen	30	15		45
Total	81	63	16	160

Figur 28 – OD-matrise

Fotgjengerfelt og holdeplasser er plassert på korrekt sted, med oppgitt bredde og lengde. Det er opprettet busslinjer, *public transport line*, med tilhørende strekninger og eventuelle holdeplasser. Rutetabeller, *timetables*, er deretter lagt til busslinjene. Alle ruter har starttid, *initial time*, kl. 15:00 for ettermiddagsrush og kl. 07:00 for morgenrush, og har varighet, *duration*, i to timer. Det er satt at alle stopp ved

holdeplasser tar i gjennomsnitt 20 sekund, med et standardavvik på 5 sekund. Gjennomsnittlig antall påstigende og avgående passasjerer, med standardavvik, er vist i Tabell 16 og Tabell 17. Verdiene er tatt ut fra observasjoner og vurderinger under befaringene. Disse verdiene vil ikke ha noe påvirkning på trafikkavviklingen, siden de sier noe om mengden av fotgjengere som ankommer holdeplassene, og fotgjengere ikke har blitt registrert i oppgaven.

**Tabell 16 – Valgte parametere for bussruter, Nidarvoll**

Rute	Linje	Holdeplass	Alight mean (pers.)	Alight dev.	Board mean (pers.)	Board dev.
Fra sentrum	3	Nidarvoll skole	5	2	1	1
	48	Nidarvoll skole	1	1	1	1
	54	Nidarvoll skole	1	1	1	1
Mot sentrum	3	Nidarvoll skole	1	1	5	2
	48	Nidarvoll skole	1	1	2	1
	54	Nidarvoll skole	1	1	2	1

**Tabell 17 – Valgte parametere for bussruter, Moholt**

Rute	Linje	Holdeplass	Alight mean (pers.)	Alight dev.	Board mean (pers.)	Board dev.
Fra Dragvoll mot sentrum	5	Brøsetvegen	3	2	5	2
	36	Brøsetvegen	1	1	3	1
Fra Strinda mot Dragvoll	9	Moholt Storsenter	1	1	1	1

Det er deretter definert en dynamisk scenario, og et eksperiment for å kunne kjøre simuleringene.

## 8.2. Utdata

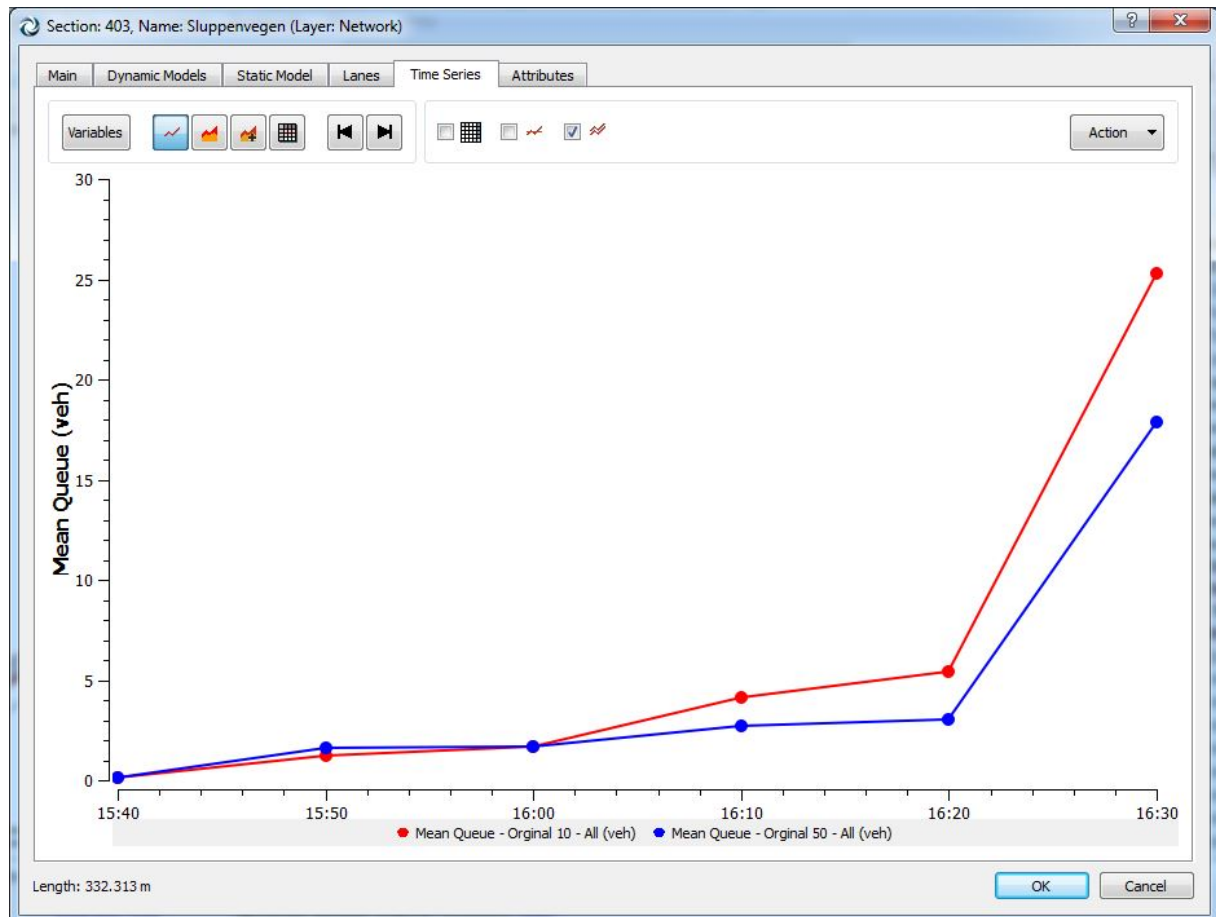
**Tabell 18 – Forskjeller på resultat for forskjellige replikasjoner i Aimsun**

Gjennomsnittlig kø (kjt.), Sluppenvegen 09.03.10						
Tidspunkt	Replication 1	Replication 2	Replication 3	Replication 4	Replication 5	Average
15:40:00	0,03	0,29	0,18	0,03	0,04	0,12 (0,12)
15:50:00	0,17	0,21	1,69	1,13	0,73	0,79 (0,64)
16:00:00	1,04	0,44	0,31	0,47	0,34	0,52 (0,30)
16:10:00	4,39	4,10	1,24	19,67	0,85	6,05 (7,78)
16:20:00	8,01	10,05	4,46	10,97	1,25	6,95 (4,05)
16:30:00	41,41	36,90	19,40	19,80	7,27	24,95 (14,00)
Agg.	9,17	8,67	4,55	8,68	1,75	6,56

Siden Aimsun er et stokastisk mikrosimuleringsprogram, vil hver replikasjon som gjøres gi ulike resultater. Et eksemplet på dette vises i Tabell 18. Det er stor variasjon i resultatene. Det er derfor nødvendig å utføre mange replikasjoner for å minimere

usikkerheten. Standardavviket for gjennomsnittsverdien er oppgitt i parentes. Videre i oppgaven er det utført 50 replikasjoner for hver simulering, og det er gjennomsnittsverdien som presenteres.

Figur 29 viser et eksempel på hvordan Aimsun presenterer utdataene grafisk. Man ser også at forskjellen på gjennomsnittsresultatet for en simulering med 10 og 50 replikasjoner er betydelig, slik at det vil være stor usikkerhet ved bruk av for få replikasjoner.



Figur 29 - Forskjeller i resultat for ulikt antall replikasjoner

### 8.3. Resultater for datasett 1

For å sammenligne resultatene fra Aimsun med de observerte resultatene, er det valgt å se på verdiene for *Count* og *Mean queue*.

#### Nidarvoll

Tabell 19 og Tabell 20 viser resultatet for Nidarvoll 09.03. De gjennomsnittlige kølengdene og de avviklede trafikkmengdene blir regnet ut for intervaller på 10 minutter.

Tabell 19 – Aimsun, avviklet trafikkmengder, Nidarvoll, 09.03.10

Fra:	Bratsbergvegen nord	Sluppenvegen	Bratsbergvegen sør
15:40	126,40 (12,23)	76,14 (8,69)	99,84 (9,53)
15:50	162,36 (13,03)	96,78 (9,45)	105,52 (9,30)
16:00	175,66 (16,94)	81,06 (9,95)	110,28 (12,91)
16:10	171,00 (13,82)	107,04 (9,87)	105,82 (10,24)
16:20	183,54 (13,88)	89,60 (8,82)	124,42 (12,06)
16:30	195,90 (11,80)	98,94 (10,36)	134,14 (10,62)

Aimsun beregner avviklet trafikkmengde som stemmer godt overens med det som ble observert, vist i Tabell 8. Den største forskjellen er for de to siste intervallene på Bratsbergvegen sør. Aimsun fordeler trafikken jevnere over disse, motsatt enn virkeligheten.

Tabell 20 – Aimsun, gjennomsnittlige kølengder, Nidarvoll, 09.03.10

Fra:	Bratsbergvegen nord	Sluppenvegen	Bratsbergvegen sør
15:40	0,05 (0,07)	0,14 (0,21)	0,27 (0,48)
15:50	0,17 (0,15)	1,63 (1,34)	0,67 (0,99)
16:00	0,36 (0,29)	1,67 (2,05)	0,79 (0,88)
16:10	0,21 (0,15)	2,69 (2,38)	2,49 (2,04)
16:20	0,17 (0,10)	3,03 (3,26)	7,84 (3,45)
16:30	0,54 (0,30)	17,86 (9,77)	10,33 (4,03)

Ved beregning av gjennomsnittlige kølengder, vist i Tabell 20, beregner Aimsun noe kortere kølengder enn det som ble observert. Dette kan tyde på at hvordan Aimsun definerer kø ikke er likt som man selv har oppfattet kø. Det er derfor lagt mer vekt på å oppnå lik fordeling av kølengdene slik man observerte det, enn at verdiene stemmer.

Sammenlignet med Tabell 12, som viser de observerte kølengdene for samme periode, ser man at tendensen til kølengder er noe lik. Aimsun beregner at Bratsbergvegen nord har tilnærmet ingen kø, som stemmer med at det sjelden var kø på Bratsbergvegen nord. Sluppenvegen sør hadde størst kølengde for tilfartene, og var størst på slutten av perioden. Dette stemmer med det som blir beregnet, selv om verdiene er under halvparten så store. De virkelige observasjonene viser at det i gjennomsnitt sto ett kjøretøy i kø på Bratsbergvegen sør i løpet av hele perioden. Aimsun beregner derimot at det blir 8 og 10 kjøretøy i kø på de to siste intervallene. For de samme to tidsintervallene på samme tilfart var det også feil resultat for avviklet trafikkmengde.

I kalibreringene er det nødvendig å se om man kan redusere kølengdene for Bratsbergvegen sør, men øke disse for Sluppenvegen. Dette samtidig som avviklet trafikkmengde burde være noe likt.

## Moholt

Tabell 21 og Tabell 22 viser resultatene for simuleringene for Moholt 24.03. I forhold til de observerte trafikkmengdene, er det stor forskjell på det første tidsintervallet. Aimsun beregner et mye større avvirket trafikkvolum. For resten av perioden stemmer det greit overens for Brøsetvegen og rampe fra E6. For de to siste intervall på Jonsvannsveien øst beregner Aimsun nok en gang en betydelig større trafikkmengde enn det som ble observert i virkeligheten.

Tabell 21 – Aimsun, avvirket trafikkmengder, Moholt, 24.03.10

Fra:	Jonsvannsveien vest	Brøsetvegen	Jonsvannsveien øst	Rampe E6
07:40	98,00 (9,22)	62,80 (6,26)	227,74 (10,99)	60,98 (7,61)
07:50	103,12 (11,70)	40,18 (6,90)	226,30 (7,85)	55,30 (8,85)
08:00	109,40 (9,77)	45,42 (6,35)	231,58 (7,56)	63,80 (9,12)
08:10	93,12 (9,20)	44,74 (5,94)	234,72 (9,48)	53,60 (9,24)
08:20	92,20 (14,88)	37,50 (5,37)	243,22 (14,77)	48,90 (6,16)
08:30	100,68 (13,80)	38,52 (5,97)	229,62 (22,43)	46,02 (6,69)

De beregnede kølengdene er også større i det første intervallet, enn hva som ble observert. Ellers stemmer kølengdene for Brøsetvegen og rampe fra E6 godt overens med virkeligheten. Begge tilfartene hadde lite eller ingen kø.

Jonsvannsveien vest har lignende verdier på kølengdene, som de observerte som ble presentert i Tabell 14, men de sammenfaller ikke i samme intervaller. I Jonsvannsveien øst, venstre felt, var det sjelden kø. Dette stemmer overens med beregningene til Aimsun. Kølengde for høyre felt har derimot svært store feil i andre til fjerde intervall, som virkeligheten hadde rundt 80 kjøretøy i gjennomsnittlig kø på det meste.

Tabell 22 – Aimsun, gjennomsnittlige kølengder, Moholt, 24.03.10

Fra:	Jonsvannsveien vest	Brøsetvegen	Jonsvannsveien øst		Rampe E6
			Venstre felt	Høyre felt	
07:40	9,54 (4,05)	3,98 (2,14)	0,90 (0,61)	3,16 (0,87)	0,72 (0,28)
07:50	3,36 (3,36)	2,24 (1,88)	0,49 (0,33)	3,20 (0,72)	0,34 (0,17)
08:00	1,70 (2,06)	0,36 (0,39)	0,32 (0,19)	2,82 (0,58)	0,43 (0,19)
08:10	6,99 (3,85)	0,93 (0,95)	0,40 (0,31)	2,68 (0,62)	0,40 (0,23)
08:20	12,05 (4,75)	1,86 (2,10)	0,14 (0,10)	1,83 (0,37)	0,27 (0,13)
08:30	5,03 (4,76)	0,46 (0,63)	0,18 (0,14)	1,82 (0,67)	0,37 (0,17)

I kalibreringene er det nødvendig å se på kølengdene på Jonsvannsveien øst, høyre felt, og se hvordan man kan justere disse til å bli lengre på høyre felt. Siden differansen i verdiene er så store, er det sannsynlig at dette i hovedsak må justeres av å se på andre parametere enn vikepliktparameterne i *gap-acceptance model*.





## 9. Kalibrering av modellen

I dette kapitlet vil man se på effektene av å justere vikepliktparameterne, og ut fra dette kalibrere modellen. Til slutt sammenlignes resultatene for datasettet 2 for å se om kalibreringene stemmer.

### 9.1. Effekter av å endre GiveWay-parametere

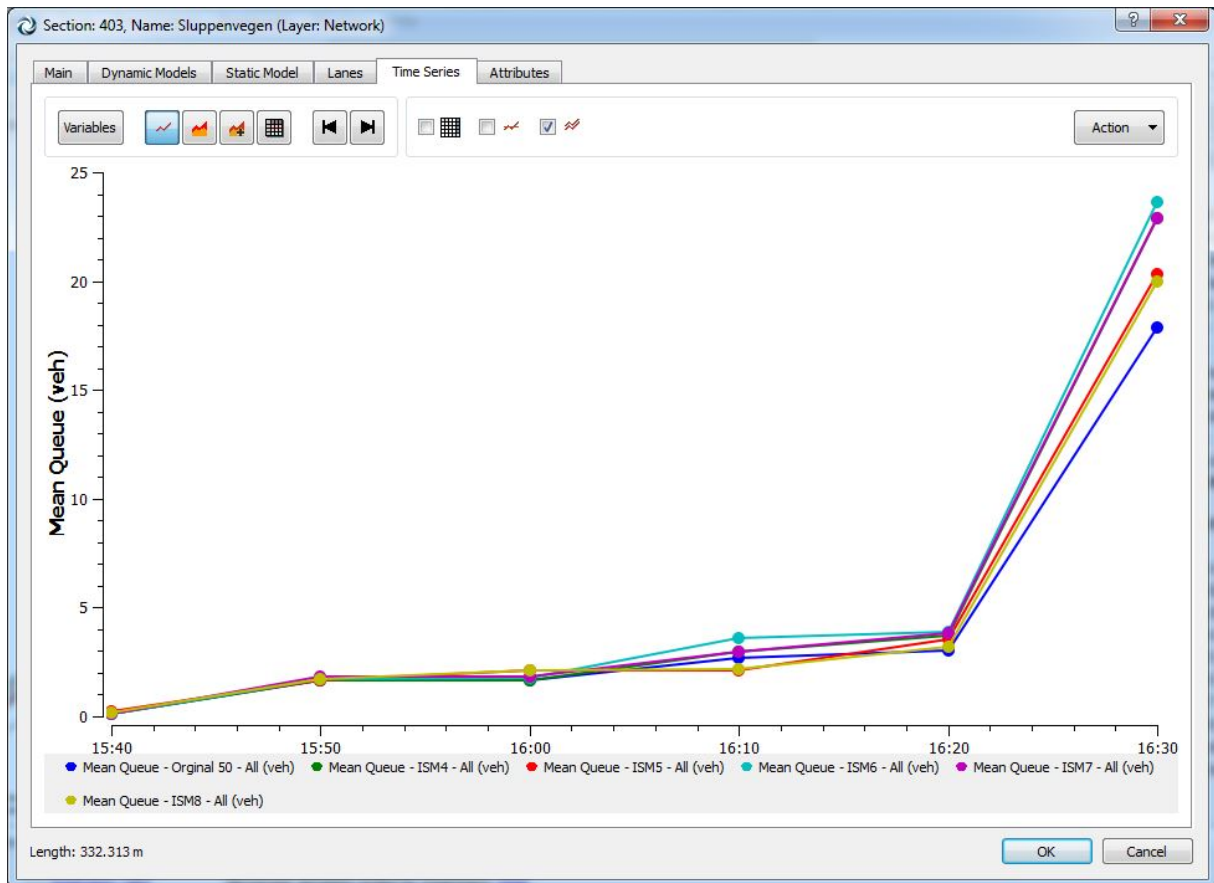
*GiveWay*-parameterne ble presentert i delkapittel 3.9. For å vurdere påvirkningen disse parameterne har på resultatene, har det blitt testet ut forskjellige verdier for disse. For at effektene ved justering ikke skal påvirke hverandre, er det kun endret verdi på en av parameterne om gangen.

Rundkjøringen på Nidarvoll har kjøproblematikk på hovedsakelig kun en tilfart, Sluppenvegen. Rundkjøringen har også enkel geometri, siden det bare er tre tilfarter hvor alle har et kjørefelt. Det er derfor valgt å se hvordan resultatene endres når man endrer på vikepliktparameterne for denne. Nedenfor ser man på resultatene kun for denne tilfarten.

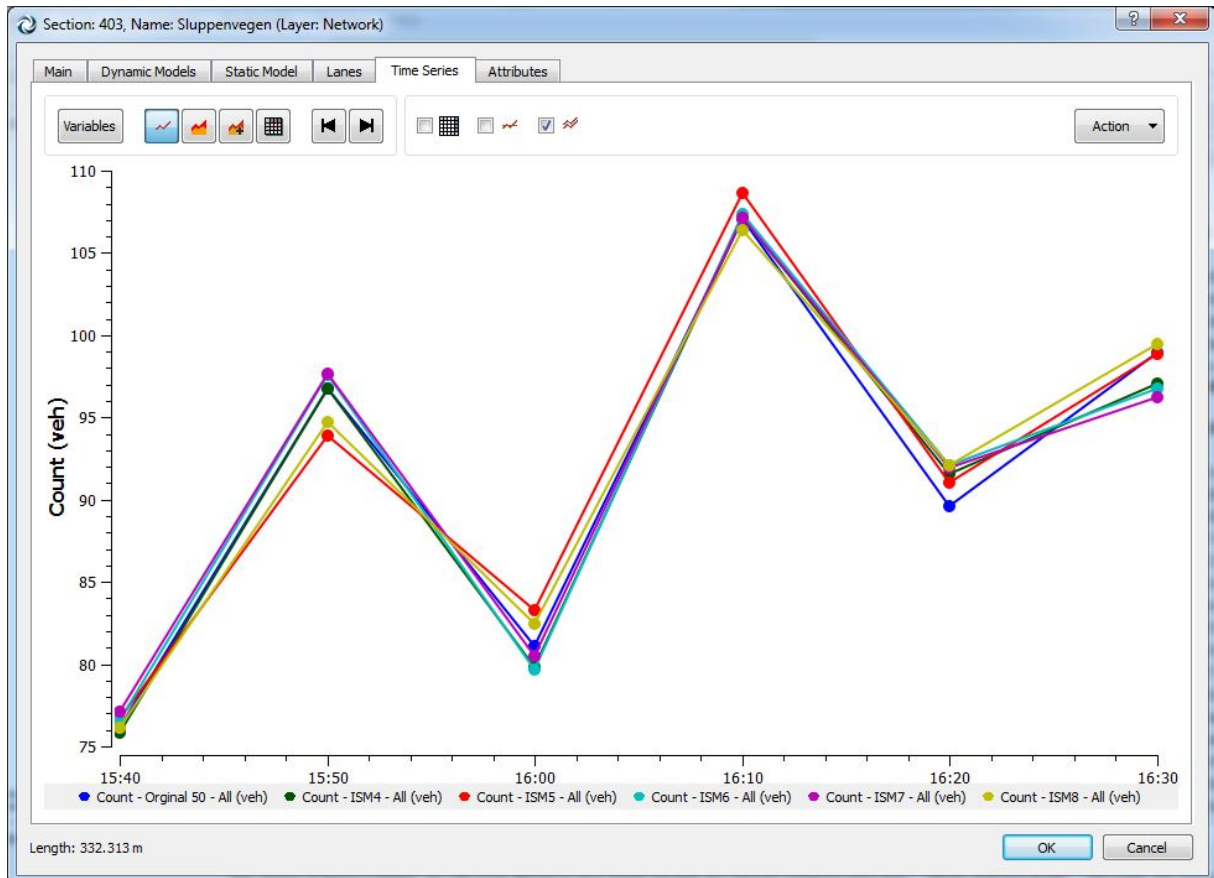
#### **Initial Safety Margin**

*Initial Safety Margin* har en standardverdi på 3 sekunder. Det forventes at kølengdene øker hvis man øker verdien på *Initial Safety Margin*, siden kjøretøyene fra tilfarten trenger større sikkerhetsmarginer for å kjøre inn i rundkjøringen. Figur 30 viser resultatet for kølengder hvor det er prøvd med verdier for *Initial Safety Margin* fra 3 til 8 sekunder. Figur 31 viser hvordan den avviklete trafikkmengden varierer for disse verdier for *Initial Safety Margin*.

Figurene viser ingen klar sammenheng mellom økning i *Initial Safety Margin* og økning i kølengder for Sluppenvegen, eller mindre avviklende kjøretøy. Det kan derfor like gjerne være tilfeldigheter i simuleringene som påvirker resultatet.



Figur 30 – Gjennomsnittlige kølengder, Initial Safety Margin

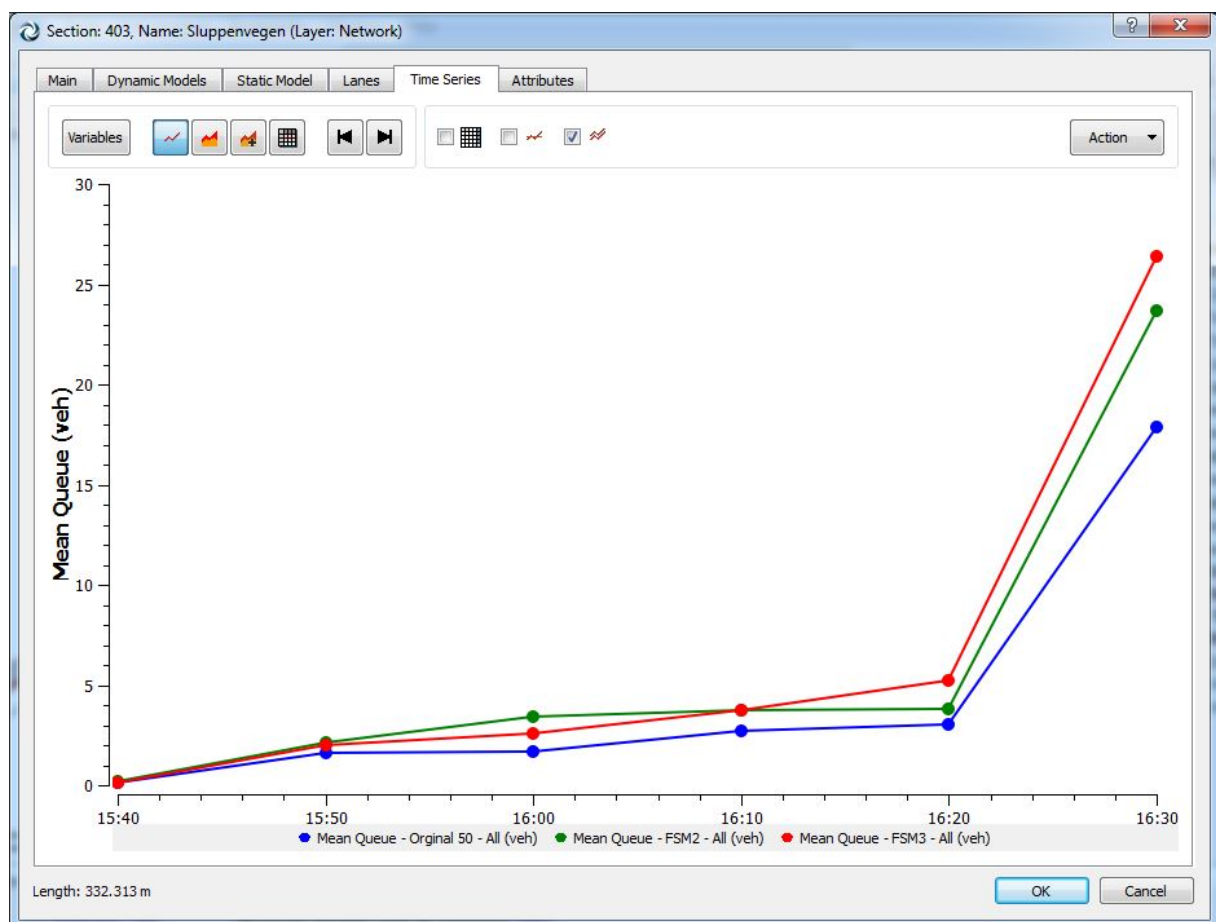


Figur 31 – Avviklet trafikkmengde, Initial Safety Margin

## Final Safety Margin

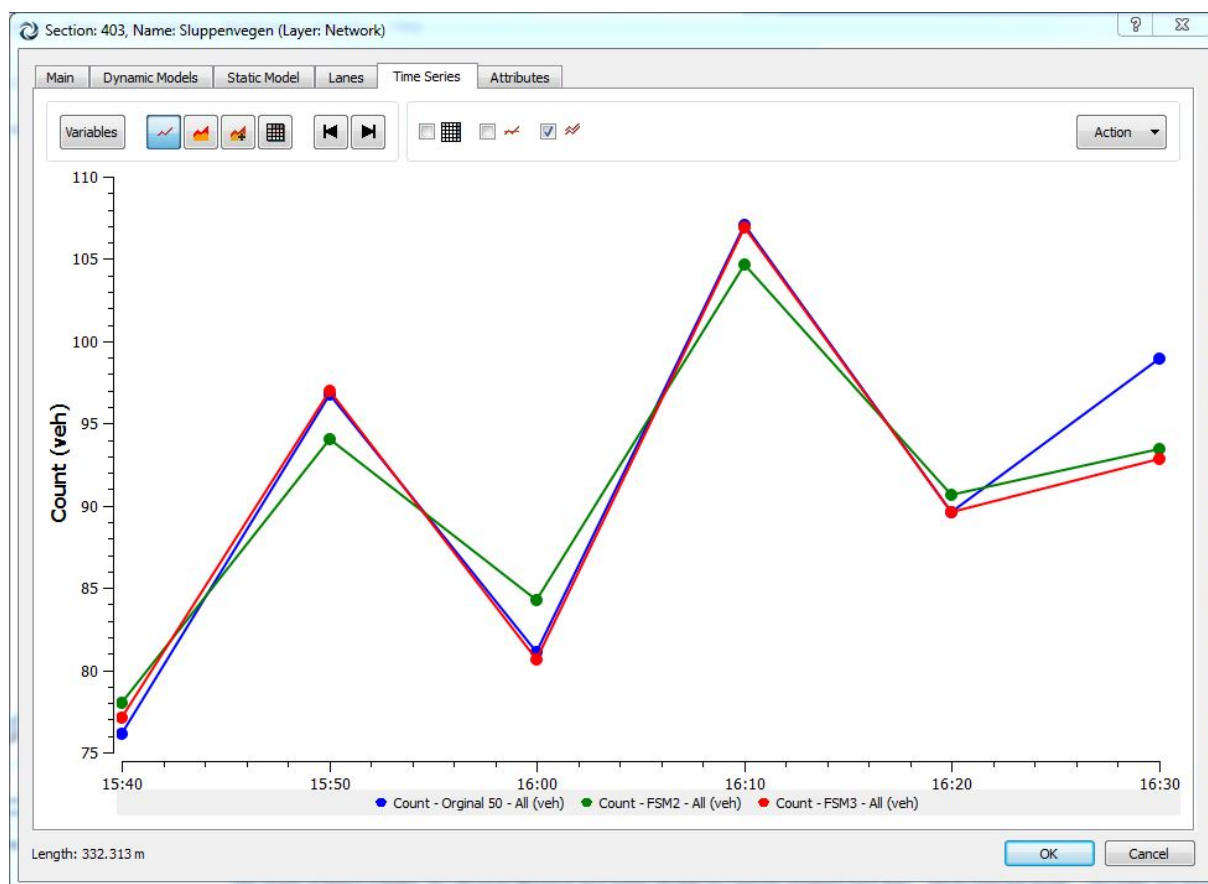
*Final Safety Margin* har en standardverdi på 1 sekund. Det forventes at kølengdene øker hvis man øker verdien på *Final Safety Margin*, siden kjøretøyene fra tilfarten trenger større sikkerhetsmarginer for å kjøre inn i rundkjøringen. Figur 32 viser gjennomsnittlige kølengder, mens Figur 33 viser avviklede trafikkmengder, hvor det er prøvd med verdier for *Final Safety Margin* fra 1 til 3 sekund.

Størrelsen på akseptable sikkerhetsmarginer vil være konstant ved en verdi for *Final Safety Margin* på 3 sekund, siden standardverdien på *Initial Safety Margin* er 3 sekund. Det er derfor ikke prøvd med en verdi større enn 3 sekund, siden det vil være unaturlig at man størrelsen på sikkerhetsmarginen øker etter hvert som man har ventet på å få kjøre inn i et kryss.



Figur 32 - Gjennomsnittlige kølengder, Final Safety Margin

Figur 32 viser en tendens til at ved å øke verdien for *Final Safety Margin*, vil kølengdene øke. For avviklet trafikkmengde er dette resultatet litt mer utydelig, og det er bare i siste intervall hvor man får et resultat som man antok.



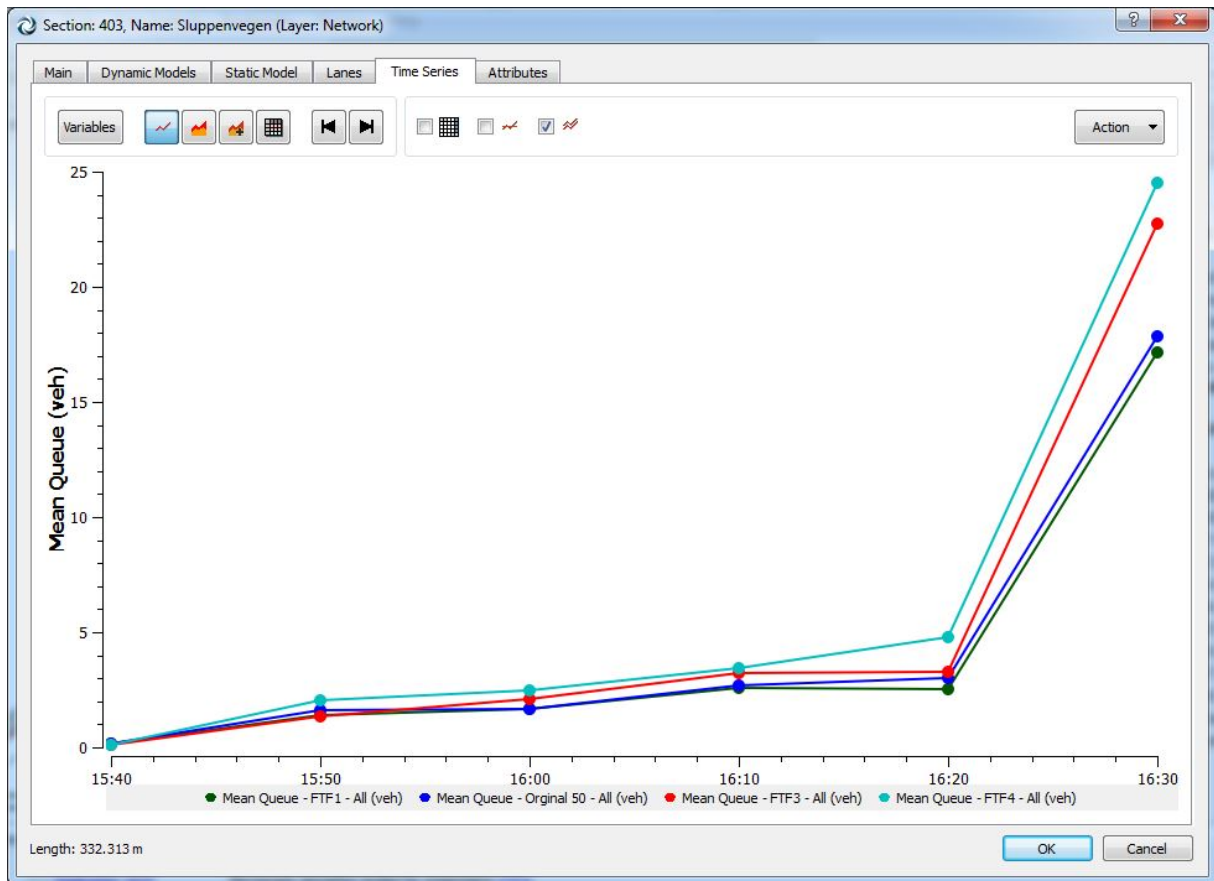
Figur 33 – Avviklet trafikkmengde, Final Safety Margin

### Initial og Final GW Time Factor

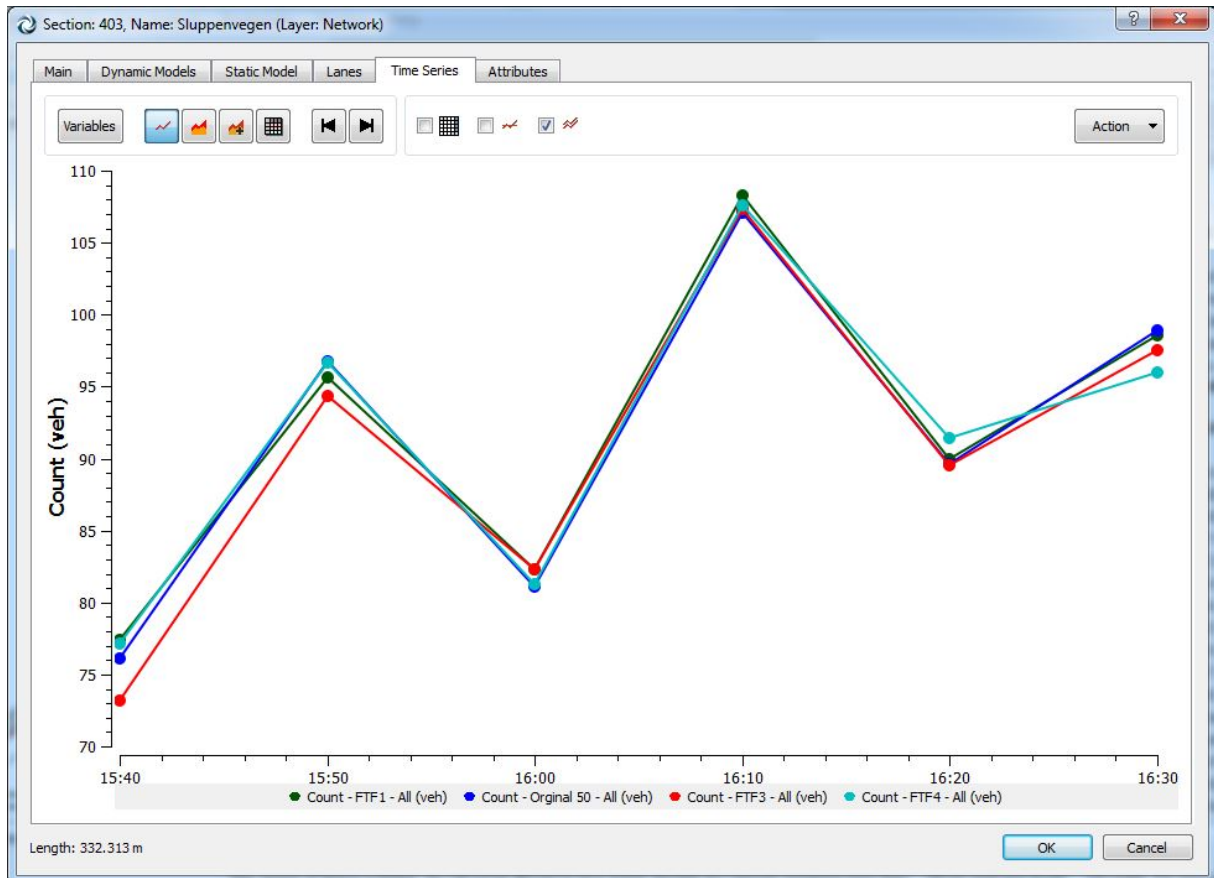
*Initial* og *Final GW Time Factor* henger i stor grad sammen med verdien for *Maximum Give Way Time*. Standardverdien for disse er 1, 2 og 10 sekund. Det er kun sett på hvordan en økning i *Final GW Time Factor* påvirker resultatet, men det forventes at en økning i samtlige vil øke gjennomsnittlig kølengde og redusere avviklet trafikkmengde. Dette på grunn av at det en bilfører vil bruke *Initial Safety Margin* lengre hvis man øker *Initial GW Time Factor* det vil ta lengre tid før man har redusert sikkerhetsmarginen til *Final Safety Margin* hvis man øker *Final GW Time Factor*, og man vil øke begge deler hvis man øker *Maximum Give Way Time*.

Verdiene til *Final GW Time Factor* er satt fra 1 til 4, og resultatet for gjennomsnittlig kølengder vises i Figur 34 og for avviklet trafikkmengde i Figur 35. Ved en verdi på 1, vil *Initial* og *Final GW Time Factor* være lik, og tålmodigheten til en bilfører vil ikke synke lineært fra *Initial* til *Final Safety Margin*, men endres direkte når tiden som er satt i *Maximum Give Way Time* er gått.

Resultatet viser at en økning i *Final GW Time Factor* vil gi lengre gjennomsnittlige kølengder, men at det ikke er noen klar tendens til hvordan dette påvirker avviklet trafikkmengde.



Figur 34 – Gjennomsnittlige kølengder, Final GW Time Factor

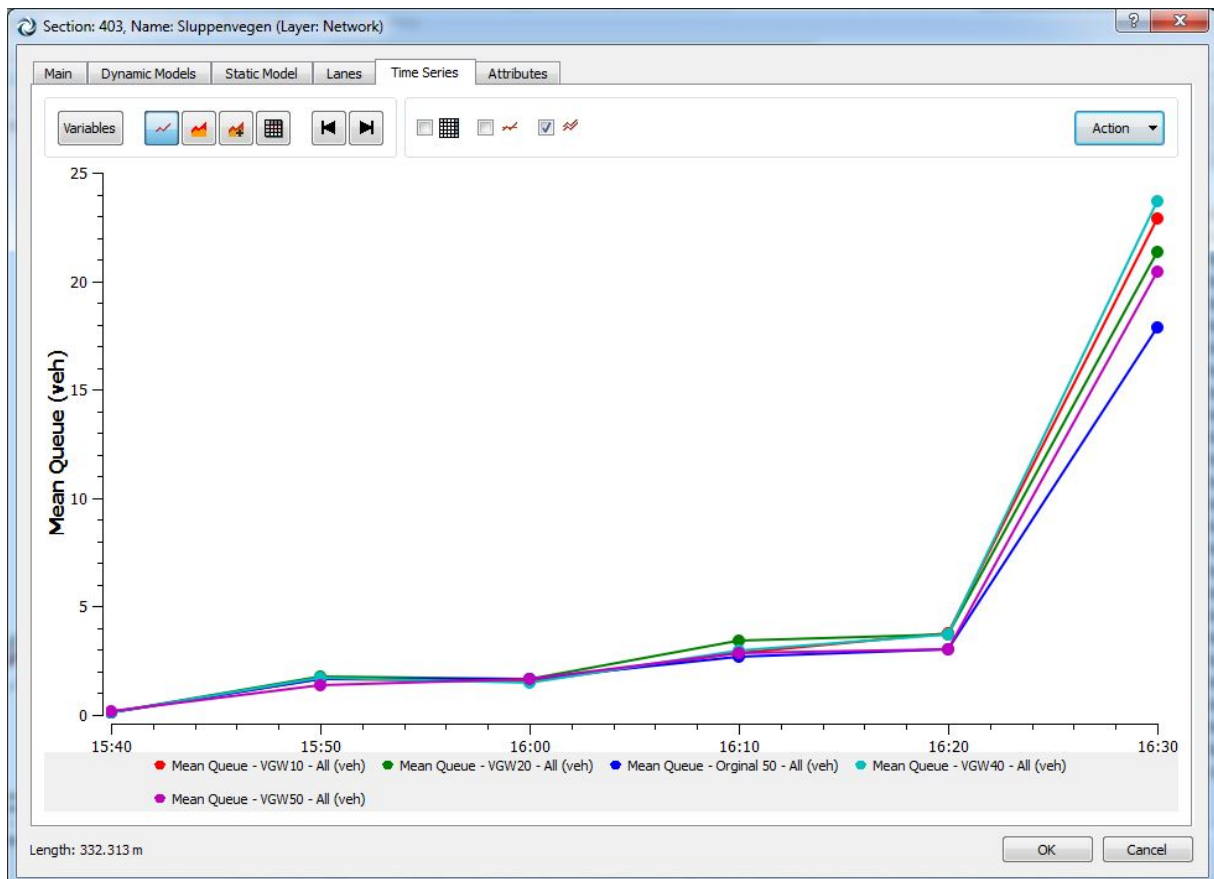


Figur 35 – Avviklet trafikkmengde, Final GW Time Factor

### Visibility to Give Way

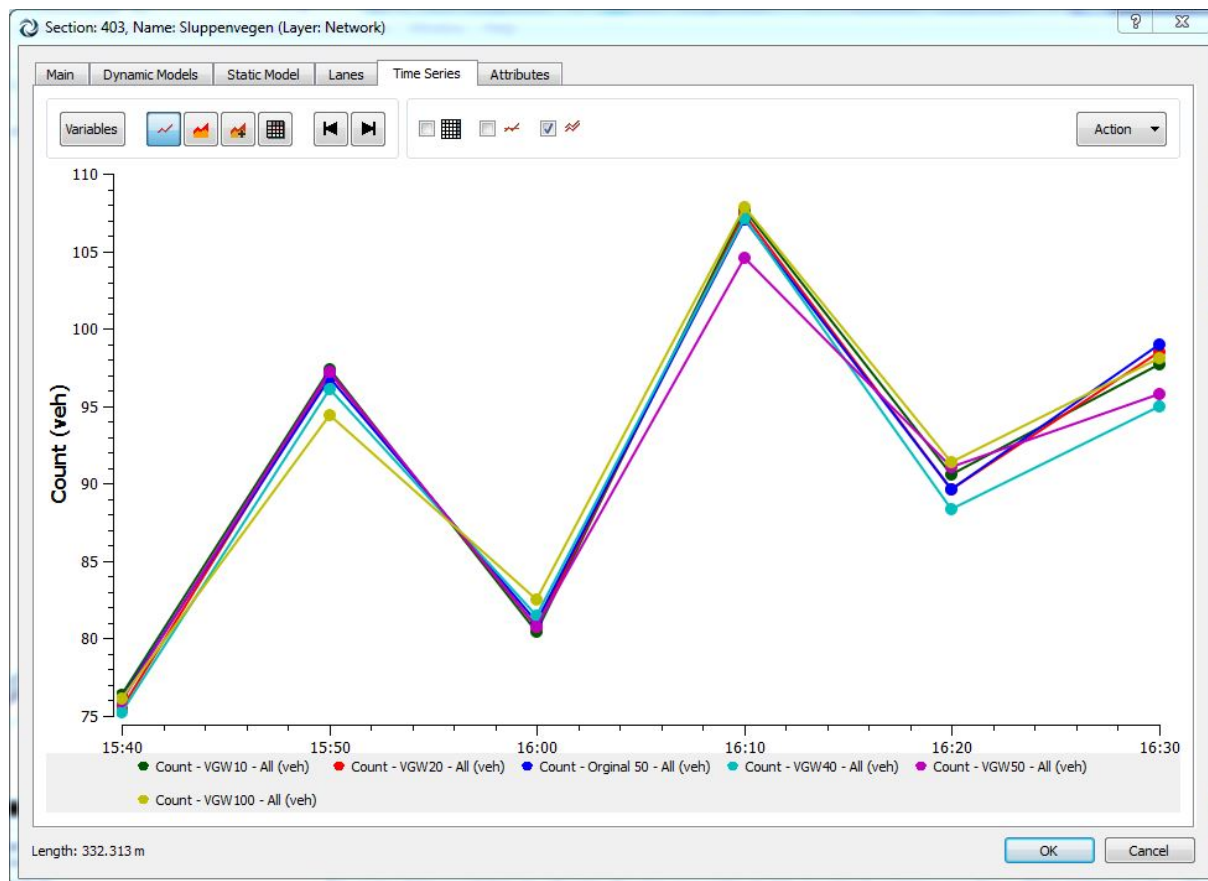
Lengden på *Visibility to Give Way* avgjør når *gap-acceptance model* skal settes i gang. Standardverdien i Aimsun er på 30 meter. Det er testet ut verdier for 10, 20, 30, 40, 50 og 100 meter, som presenteres i Figur 36 og Figur 37.

Resultatene viser at det er uklart hvordan denne parameteren påvirker gjennomsnittlig kølengde og avviklet trafikkmengde. Dette kommer særlig frem i det siste intervallet for gjennomsnittlig kølengde, hvor alle verdiene gir lengre kølengder enn for standardverdien.



Figur 36 – Gjennomsnittlige kølengder, Visibility to Give Way



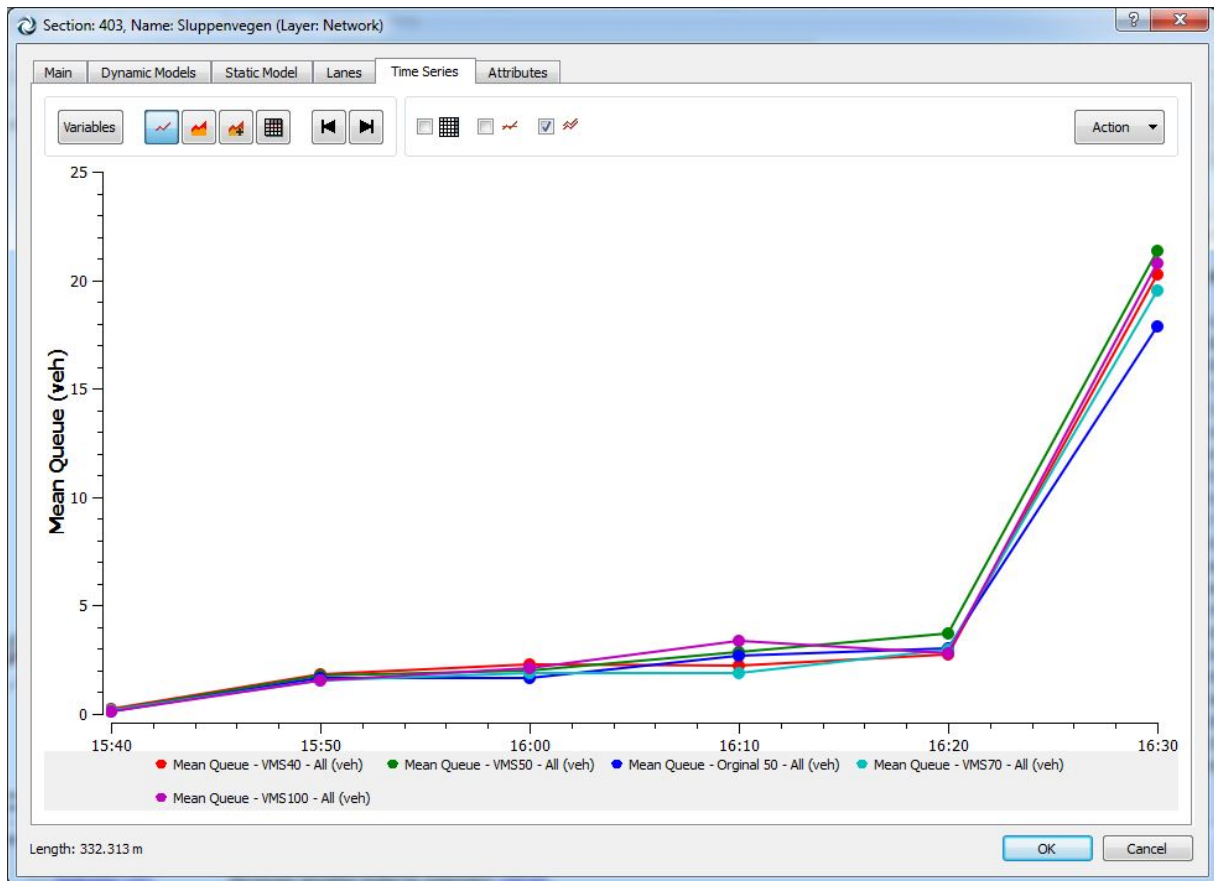


Figur 37 – Avviklet trafikkmengde, Visibility to Give Way

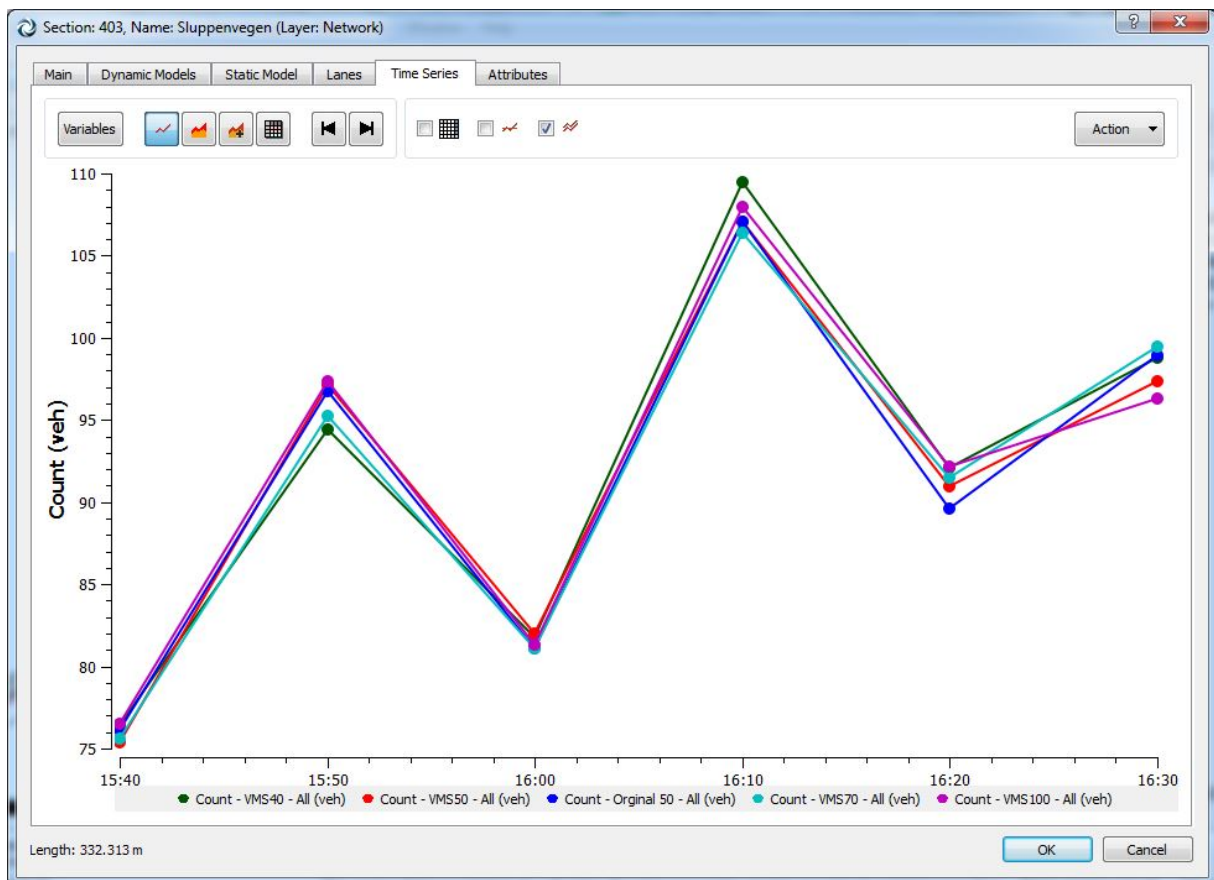
### Visibility along Main Stream

Lengden på *Visibility along Main Stream* avgjør hvor langt et vikende kjøretøy kan se i hovedstrømmen når det ankommer vikelinjen. Standardverdien i Aimsun er 60 meter. I tillegg er det testet ut for verdier på 40, 50, 70 og 100 meter. Resultatet for disse er vist i Figur 38 og Figur 39.

Figurene viser at det også er uklart hvordan størrelsen påvirker de gjennomsnittlige kølengdene og avviklet trafikkmengde.



Figur 38 – Gjennomsnittlige kølengder, Visibility along Main Stream



Figur 39 – Avviklet trafikkmengde, Visibility along Main Stream



### **Oppsummering av GiveWay-parameterne**

Effektene av å endre parameterne viste at en økning i verdiene vanligvis gir økte gjennomsnittlige kølengder, siden de vikende kjøretøyene trenger større sikkerhetsmarginer. Dette gjelder særlig for *Initial* og *Final Safety Margin*, som disse avgjør hvor store sikkerhetsmarginene må være. *Initial* og *Final GW Time Factor*, sammen med *Maximum Give Way Time*, avgjør når, og hvor raskt, en fører skal begynne å bli mer utålmodig.

Endring av parameterne ser ikke ut til å ha noe klar påvirkning på avviklet trafikkmengde. Dette kan skyldes tilfeldigheter ved simuleringene. En annen grunn kan være at man kun har sett på en av parameterne om gangen, slik endringene ikke vil ha noe stor påvirkning på trafikkavviklingen når man ser det over perioder på 10 minutt.

Resultatene for *Visibility to Give Way* og *Visibility along Main Stream* viste ikke noen klar tendens i forhold til påvirkning på kølengder og avviklet trafikkmengde.

### **9.2. Kalibrering av modellen**

Ut fra erfaringene som ble gjort ved å teste de ulike parameterne, har disse blitt justert for å oppnå resultater som er nærmest mulig det man observerte. Som utgangspunkt har man økt parameterverdiene for de tilfartene med køproblematikk, og minket verdiene for de tilfartene uten kø og god trafikkavvikling.

For samme svingebevegelse er det antatt at *Initial Safety Margin* bør ha en verdi som er større enn *Final Safety Margin*, samt at *Initial GW Time Factor* er mindre enn *Final GW Time Factor*. Ved beregning av kritisk tidsluke i delkapittel 7.6, kom man frem til at verdien lå mellom 3,5 og 3,9 sekunder. Det er antatt at sikkerhetsmarginene bør være mindre enn dette.

*Final Safety Margin* blir aldri satt lavere enn standardverdien på 1 sekund. Dette er fordi det er antatt at de fleste førere vil ha behov for en sikkerhetsmargin.

#### **Nidarvoll**

Det ble utført fem tester for Nidarvoll. En oversikt over parameterjusteringene for testene er vist i Tabell 23. Det er kun oppgitt verdier for de parameterne som har blitt endret i forhold til standardverdiene.

I testene har man økt verdiene for sikkerhetsmarginer og tidsfaktorer for Sluppenvegen. *Initial Safety Margin* er satt til verdien for kritisk tidsluke, mens *Final Safety Margin* er satt til en verdi som er halvparten så stor.

For Bratsbergvegen nord og sør har man redusert størrelsene for sikkerhetsmarginene. Man har også justert ned tidsfaktorene. I testene er det forsøkt ulike verdier for disse parameterne, for å prøve å oppnå akseptable resultater.

Tabell 23 – Kalibrering av vikepliktmodell, Nidarvoll

Test	Tilfart	Initial Safety Margin	Final Safety Margin	Initial GW Time Factor	Final GW Time Factor	Visibility to GiveWay	Visibility to Main Stream
Test 1	Sluppenvegen	3,9	2		3	50	80
	Bratsbergvegen nord	2			1,5	50	80
	Bratsbergvegen sør	2			1,5	50	80
Test 2	Sluppenvegen	3,9	2		3	50	80
	Bratsbergvegen nord	1,5			1,5	50	80
	Bratsbergvegen sør	1,5			1,5	50	80
Test 3	Sluppenvegen	3,9	2		3		
	Bratsbergvegen nord	1,5			1,5		
	Bratsbergvegen sør	1,5			1,5		
Test 4	Sluppenvegen	3,9	2		3		
	Bratsbergvegen nord	2			1,5		
	Bratsbergvegen sør	1,5			1,5		
Test 5	Sluppenvegen	3,9	2		3		
	Bratsbergvegen nord	1,5		0,5	1		
	Bratsbergvegen sør	1,5		0,5	1		

For test 1 og 2 økte man verdien på synlighetssonene. Resultatet viste at dette ikke hadde påvirkning på gjennomsnittlige kølengder og avvirket trafikkmengde, så for test 3, 4 og 5 er disse satt tilbake til standardverdiene.

Resultatene for testene er vist i vedlegg 6 og 7. Disse viser at justeringene for test 5 er det som stemmer best overens med de observerte resultatene, og blir brukt videre i oppgaven.

### Moholt

Jonsvannsveien øst har to felt inn mot rundkjøringen. Under simuleringene i Aimsun ble det observert unødvendige mange, og unaturlige, forbikjøringer. For å unngå dette har det blitt gjort justeringer på modellen.

Det ble definert en 20 meter lang *solid line* mellom feltene, inn mot vikelinjen. Dette for å unngå at kjøretøy har mulighet til å gjøre forbikjøringer rett før rundkjøringen. *Lane-changing cooperation* ble satt til 0 % på denne strekningen. Denne parameteren fastsetter hvor stor andel av kjøretøyene som velger å samarbeide for å lage luker i trafikken ved forbikjøring. *Percentage overtake* ble satt til 1 %. Dette anslår hvor lav hastighet et foregående kjøretøy må ha, før et etterfølgende kjøretøy vurderer om det skal gjøre en forbikjøring.

Det ble utført åtte tester for Moholt. En oversikt over parameterjusteringene er vist i Tabell 24.

I testene har man økt verdiene for sikkerhetsmarginer og tidsfaktorer for Jonsvannsveien øst. Utgangspunktet for *Initial Safety Margin* er satt til verdien for kritisk tidsluke, mens *Final Safety Margin* er satt til en verdi som er halvparten så stor. Det er også testet ut større verdier, for å se hvordan dette har påvirket resultatet.

For Jonsvannsveien vest, Brøsetvegen og rampe fra E6 har man redusert størrelsene for sikkerhetsmarginene, og justert ned tidsfaktorene.

Tabell 24 – Kalibrering av vikepliktmodell, Moholt

Test	Tilfart	Initial Safety Margin	Final Safety Margin	Initial GW Time Factor	Final GW Time Factor
Test 1	Jonsvannsveien øst	3,5	1,7		3
Test 2	Jonsvannsveien vest	2			
	Brøsetvegen	2			
	Jonsvannsveien øst	3,5	1,7		3
Test 3	Jonsvannsveien vest	2		0,5	
	Brøsetvegen	2		0,5	
	Jonsvannsveien øst	3,5	1,7		4
Test 4	Jonsvannsveien vest	2		0,5	
	Brøsetvegen	2			1,5
	Jonsvannsveien øst	3,5	1,7		4
	Rampe E6	2		0,5	
Test 5	Jonsvannsveien vest	2		0,5	1
	Brøsetvegen	1,5		0,5	1
	Jonsvannsveien øst	4	2		4
	Rampe E6	2		0,5	1
Test 6	Jonsvannsveien vest	2		0,5	1
	Brøsetvegen	1,5		0,5	1
	Jonsvannsveien øst	4	2	1,5	4
	Rampe E6	2		0,5	1
Test 7	Jonsvannsveien vest	2		0,5	1
	Brøsetvegen	1,5		0,5	1
	Jonsvannsveien øst	3,5	1,7	1,5	4
	Rampe E6	2		0,5	1
Test 8	Jonsvannsveien vest	2		0,5	1
	Brøsetvegen	1,5		0,5	1
	Jonsvannsveien øst	4,5	2		4
	Rampe E6	2		0,5	1

Resultatene for testene er vist i vedlegg 8 og 9. Disse viser at justeringene for test 4 er det som stemmer best overens med de observerte resultatene, og blir brukt videre i oppgaven.

### 9.3. Resultater for datasett 1 med kalibrering

Resultatene som presenteres i dette delkapittelet er resultatene fra Aimsun etter at man har justert vikepliktparameterne. Under testene kom man frem til at justeringene gjort i test 5 for Nidarvoll og test 4 for Moholt er det som stemmer best overens med de observerte resultatene.

#### Nidarvoll

Tabell 25 viser avviklet trafikkmengde for Nidarvoll. For de fleste tilfeller, både for intervall og tilfart, er samsvarer beregninger i Aimsun med de observerte resultatene. Den største forskjellen finner man på Bratsbergvegen sør, på de to siste intervallene. Disse hadde størst feil i originalberegningene, vist i Tabell 19.

Tabell 25 – Observerte mot beregnet avviklet trafikk, Nidarvoll, 09.03.10

Fra:	Avviklet trafikkmengde (kjt.)					
	Bratsbergvegen nord		Sluppenvegen		Bratsbergvegen sør	
Klokkeslett	Observert	Kalibrert	Observert	Kalibrert	Observert	Kalibrert
15:30 - 15:40	131	130,98 (9,68)	79	75,54 (8,82)	100	100,54 (11,66)
15:40 - 15:50	161	159,50 (12,16)	93	96,54 (9,06)	105	104,46 (11,60)
15:50 - 16:00	177	174,48 (13,57)	83	82,40 (8,64)	109	109,56 (10,82)
16:00 - 16:10	168	168,88 (14,52)	108	106,56 (10,21)	107	105,12 (8,67)
16:10 - 16:20	183	183,62 (10,94)	86	88,88 (9,33)	147	137,18 (9,19)
16:20 - 16:30	196	198,94 (14,41)	94	90,64 (13,08)	119	129,12 (12,54)

Gjennomsnittlige kølengder for Nidarvoll vises i Tabell 26. Aimsun beregner kortere kølengder enn det som ble observert, for de fleste tilfeller. De største endringene i forhold til Tabell 20 er at kølengdene har blitt lengre for Sluppenvegen, og redusert for Bratsbergvegen sør.

Tabell 26 – Observerte mot beregnede kølengder, Nidarvoll, 09.03.10

Fra:	Kølengder (kjt.)					
	Bratsbergvegen nord		Sluppenvegen		Bratsbergvegen sør	
Klokkeslett	Observert	Kalibrert	Observert	Kalibrert	Observert	Kalibrert
15:30 - 15:40	0	0,02 (0,03)	0	0,18 (0,24)	0	0,12 (0,14)
15:40 - 15:50	1	0,10 (0,10)	7	1,89 (1,64)	1	0,21 (0,29)
15:50 - 16:00	3	0,19 (0,15)	5	2,48 (3,50)	1	0,17 (0,21)
16:00 - 16:10	0	0,14 (0,12)	5	3,84 (4,56)	1	0,51 (0,72)
16:10 - 16:20	1	0,14 (0,12)	10	4,94 (5,39)	1	3,05 (2,26)
16:20 - 16:30	0	0,31 (0,28)	43	26,68 (9,90)	1	1,97 (1,96)

#### Moholt

Tabell 27 viser avviklet trafikk for Moholt. I forhold til de observerte resultatene, ser man at Aimsun beregner mye større trafikkmengde i første intervall for alle tilfartene,

slik som i Tabell 21. Kalibreringen har ikke ført frem til at man har oppnådd bedre resultater for dette intervallet. For de resten av perioden, har samsvarer beregningene fra Aimsun med observasjonene for tilfartene Jonsvannsveien vest, Brøsetvegen og rampe fra E6.

For Jonsvannsveien øst er beregningen gjort før og etter kalibrering relativt like, og samsvarer dårlig med de observerte resultatene.

Tabell 27 – Observert mot beregnet avviklet trafikk, Moholt, 24.03.10

Fra	Avviklet trafikkmengde (kjt.)							
	Jonsvannsveien vest		Brøsetvegen		Jonsvannsveien øst		Rampe E6	
Klokkeslett	Obs.	Kalibrert	Obs.	Kalibrert	Obs.	Kalibrert	Obs.	Kalibrert
07:30 - 07:40	69	104,60 (8,82)	48	62,08 (7,74)	210	224,36 (10,71)	40	64,12 (8,46)
07:40 - 07:50	99	99,44 (10,45)	34	38,08 (6,64)	225	222,34 (7,63)	55	55,28 (8,26)
07:50 - 08:00	109	111,12 (11,19)	46	46,00 (6,96)	265	232,30 (12,24)	64	62,52 (7,51)
08:00 - 08:10	109	104,26 (11,48)	44	44,78 (5,38)	251	232,32 (8,72)	53	53,24 (6,77)
08:10 - 08:20	87	92,58 (9,65)	34	36,82 (5,68)	173	244,32 (11,01)	51	49,10 (6,97)
08:20 - 08:30	86	88,92 (9,76)	38	39,94 (6,13)	182	230,06 (24,72)	44	44,62 (6,24)

Tabell 28 viser gjennomsnittlige kølengder for Moholt. Aimsun beregner kølengder som stemmer overens med de observerte resultatene for Brøsetvegen, rampe fra E6 og Jonsvannsveien øst, høyre felt. Dette er tilfarter med lite eller ingen kø.

Kølengdene for Jonsvannsveien vest har blitt redusert, i forhold til de opprinnelige, vist i Tabell 22. Aimsun beregner fortsatt for korte kølengder i forhold til det som ble observert.

Tabell 28 – Observerte mot beregnede kølengder, Moholt, 24.03.10

Fra:	Kølengder (kjt.)									
	Jonsvannsveien vest		Brøsetvegen		Jonsvannsveien øst				Rampe E6	
	Obs.	Kalibrert	Obs.	Kalibrert	Venstre felt		Høyre felt		Obs.	Kalibrert
Klokkeslett	Obs.	Kalibrert	Obs.	Kalibrert	Obs.	Kalibrert	Obs.	Kalibrert	Obs.	Kalibrert
07:30 - 07:40	2	5,17 (2,47)	1	2,82 (1,60)	0	1,53 (0,98)	2	4,03 (1,31)	0	0,66 (0,23)
07:40 - 07:50	2	0,37 (0,40)	1	1,48 (1,87)	0	0,59 (0,34)	35	3,50 (0,70)	0	0,16 (0,08)
07:50 - 08:00	7	0,34 (0,44)	1	0,19 (0,29)	1	0,31 (0,16)	80	2,84 (0,68)	0	0,26 (0,11)
08:00 - 08:10	6	1,69 (1,63)	2	0,40 (0,43)	1	0,49 (0,35)	19	2,98 (0,72)	0	0,24 (0,13)
08:10 - 08:20	2	3,78 (3,17)	0	0,83 (1,07)	0	0,17 (0,12)	2	1,90 (0,46)	0	0,17 (0,08)
08:20 - 08:30	2	0,50 (0,71)	1	0,27 (0,48)	0	0,17 (0,16)	2	1,77 (0,63)	0	0,19 (0,09)

For Jonsvannsveien øst, høyre felt, er kølengdene beregnet av Aimsun relativt like som før kalibrering. Disse er altfor korte i andre og tredje intervall, i forhold til det som ble observert.

Kalibreringen av modellen har i hovedsak ført til at avviklingen på Jonsvannsveien vest stemmer bedre overens med virkeligheten.

#### 9.4. Resultater for datasett 2

Parameterinnstillingene for den kalibrerte modellen er beholdt, og Aimsun har beregnet avviklet trafikkmengde og gjennomsnittlige kølengder for datasett 2. Det er i tillegg gjort beregninger i Aimsun med standardinnstillingene, for å vurdere om kalibreringen fører til at beregningene stemmer bedre overens med virkeligheten.

#### Nidarvoll

Tabell 29 viser avviklet trafikk for Nidarvoll. Aimsun beregner forholdsvis like resultater for Bratsbergvegen nord, med kalibrerte og originale parameterinnstillinger. Disse stemmer også overens med de observerte resultatene. For Sluppenvegen har Aimsun beregnet større avviklet trafikkmengde etter at modellen er blitt kalibrert, og skaper et dårligere resultat sammenlignet med det observerte. De kalibrerte resultatene for Bratsbergvegen sør stemmer bedre overens med de observerte resultatene.

Tabell 29 - Observert mot beregnet avviklet trafikk, Nidarvoll, 22.03.10

	Avviklet trafikkmengde (kjt.)								
	Bratsbergvegen nord			Sluppenvegen			Bratsbergvegen sør		
Fra:	Obs.	Original	Kalibrert	Obs.	Original	Kalibrert	Obs.	Original	Kalibrert
15:30 - 15:40	165	163,78 (13,59)	163,52 (13,02)	101	97,86 (8,44)	97,34 (9,01)	118	103,92 (10,42)	113,62 (11,01)
15:40 - 15:50	182	185,06 (13,16)	180,90 (12,48)	102	97,02 (10,95)	97,02 (11,46)	118	123,82 (9,19)	122,26 (10,77)
15:50 - 16:00	173	171,82 (15,46)	175,84 (13,82)	87	94,02 (13,46)	94,76 (11,31)	108	112,46 (12,98)	105,02 (10,33)
16:00 - 16:10	177	179,14 (10,41)	180,00 (13,18)	83	83,20 (9,56)	81,30 (11,25)	153	139,60 (11,82)	148,00 (10,59)
16:10 - 16:20	208	212,28 (14,19)	209,88 (14,71)	103	88,96 (12,08)	83,24 (12,68)	139	126,90 (9,59)	145,32 (11,10)
16:20 - 16:30	156	158,54 (10,89)	155,00 (13,93)	96	112,84 (18,28)	120,38 (16,06)	94	119,96 (17,68)	95,42 (10,21)

Gjennomsnittlig kølengde vises i Tabell 30. Aimsun beregner kortere kølengder med de kalibrerte parameterinnstillingene for Bratsbergvegen nord og sør. I forhold til de observerte resultatene, stemmer dette bedre overens for Bratsbergvegen sør. Bratsbergvegen nord har lite eller aldri kø, både under observasjonene og i begge beregningene til Aimsun. Aimsun beregner lengre kølengder for Sluppenvegen med den kalibrerte modellen, som stemmer bedre overens med de observerte resultatene.

Tabell 30 – Observerte mot beregnede kølengder, Nidarvoll, 22.03.10

Fra:	Kølengder (kjt.)								
	Bratsbergvegen nord			Sluppenvegen			Bratsbergvegen sør		
Klokkeslett	Obs.	Original	Kalibrert	Obs.	Original	Kalibrert	Obs.	Original	Kalibrert
15:30 - 15:40	1	0,15 (0,13)	0,09 (0,08)	7	1,87 (1,84)	2,47 (2,65)	2	3,23 (2,82)	1,28 (1,53)
15:40 - 15:50	1	0,41 (0,25)	0,19 (0,15)	5	4,85 (4,95)	5,20 (4,95)	1	6,73 (4,82)	1,29 (1,29)
15:50 - 16:00	0	0,14 (0,15)	0,06 (0,05)	5	2,20 (3,14)	3,21 (3,90)	1	2,39 (3,06)	0,29 (0,35)
16:00 - 16:10	0	0,30 (0,20)	0,17 (0,13)	10	3,63 (2,74)	4,96 (3,86)	1	3,80 (2,08)	1,30 (1,12)
16:10 - 16:20	2	0,67 (0,34)	0,44 (0,30)	33	27,15 (10,68)	33,37 (10,57)	3	12,88 (3,40)	4,14 (2,95)
16:20 - 16:30	0	0,17 (0,17)	0,05 (0,07)	17	17,29 (11,29)	22,41 (10,95)	1	7,09 (5,21)	0,40 (0,55)

### Moholt

Avviklet trafikkmengde vises i Tabell 31. For første intervall beregner Aimsun en mye større trafikkmengde enn det som ble observert. Dette ble det også gjort for datasett 1. For resten av perioden er de kalibrerte og de opprinnelige trafikkmengdene for Brøsetvegen og rampe fra E6 ganske like, og stemmer godt overens med det som ble observert. Resultatene for Jonsvannsveien øst er også ganske like, men varierer kraftig i forhold til det som ble observert. Jonsvannsveien vest har større forskjeller på resultatene, og de kalibrerte resultatene stemmer best overs med virkeligheten.

Tabell 32 viser gjennomsnittlige kølengder. Resultatene for observasjonene viste at det ikke var store kølengder på noen av tilfartene denne perioden, og både de originale og kalibrerte resultatene fra Aimsun viser lignende resultat. Aimsun beregner kortere kølengder med de kalibrerte parameterinnstillingene for Jonsvannsveien vest, Brøsetvegen og rampen fra E6. Dette stemmer bedre overens med de observerte resultatene. Aimsun har beregnet lengre kølengder for Jonsvannsveien øst, høyre felt, med de kalibrerte parameterinnstillingene, som også stemmer bedre overens med de observerte resultatene.

Tabell 31 – Observervert mot beregnet avviklet trafikk, Moholt 07.04.10

Fra:	Avviklet trafikkmengde (kjt.)												
	Jonsvannsveien vest			Brøsetvegen			Jonsvannsveien øst			Rampe E6			
	Observervert	Original	Kalibrert	Observervert	Original	Kalibrert	Observervert	Original	Kalibrert	Observervert	Original	Kalibrert	
<b>Klokkeslett</b>													
<b>07:30 - 07:40</b>	79	102,72 (9,35)	106,46 (9,84)	39	53,76 (6,53)	54,02 (7,63)	188	217,16 (7,55)	215,08 (9,54)	44	62,14 (6,56)	61,82 (7,74)	
<b>07:40 - 07:50</b>	71	72,58 (8,12)	71,20 (8,87)	56	53,14 (6,46)	54,72 (5,80)	273	241,66 (8,03)	240,44 (9,41)	50	50,38 (6,99)	50,92 (6,54)	
<b>07:50 - 08:00</b>	113	105,28 (10,62)	112,26 (10,19)	45	50,54 (8,73)	50,64 (8,02)	242	223,22 (8,98)	221,52 (9,74)	83	81,54 (8,79)	80,40 (9,24)	
<b>08:00 - 08:10</b>	97	101,36 (10,42)	99,90 (12,16)	43	43,94 (7,00)	41,98 (6,95)	196	240,34 (11,05)	238,76 (10,15)	48	49,26 (5,79)	49,98 (7,57)	
<b>08:10 - 08:20</b>	79	85,50 (10,89)	84,18 (10,96)	42	43,64 (7,61)	44,38 (6,51)	167	231,26 (25,08)	232,04 (23,79)	43	42,50 (7,07)	43,46 (6,29)	
<b>08:20 - 08:30</b>	84	89,46 (10,94)	86,20 (8,57)	36	37,90 (5,71)	37,56 (5,99)	172	181,10 (18,12)	183,00 (16,26)	52	53,78 (8,03)	52,62 (7,93)	

Tabell 32 – Obserververte mot beregnede kølengder, Moholt 07.04.10

Fra:	Kølengder (kjt.)														
	Jonsvannsveien vest			Brøsetvegen			Jonsvannsveien øst						Rampe E6		
	Venstre felt			Høyre felt			Venstre felt			Høyre felt			Original		
Klokkeslett	Obs.	Original	Kalibrert	Obs.	Original	Kalibrert	Obs.	Original	Kalibrert	Obs.	Original	Kalibrert	Obs.	Original	Kalibrert
<b>07:30 - 07:40</b>	1	5,51 (3,18)	3,09 (1,38)	1	3,72 (2,22)	2,00 (2,02)	1	0,65 (0,36)	1,14 (0,73)	3	3,51 (0,68)	4,16 (1,16)	0	0,47 (0,20)	0,36 (0,11)
<b>07:40 - 07:50</b>	2	1,48 (2,53)	0,27 (0,37)	1	3,27 (3,00)	2,24 (2,25)	0	0,19 (0,09)	0,24 (0,19)	5	2,10 (0,37)	2,23 (0,46)	0	0,17 (0,09)	0,11 (0,05)
<b>07:50 - 08:00</b>	3	5,27 (4,01)	1,49 (1,53)	1	2,56 (2,60)	1,14 (1,51)	0	0,50 (0,28)	0,68 (0,39)	6	3,15 (0,62)	3,47 (0,88)	0	0,71 (0,30)	0,44 (0,16)
<b>08:00 - 08:10</b>	2	5,64 (4,40)	0,97 (1,45)	1	0,74 (1,42)	0,31 (0,36)	0	0,21 (0,13)	0,25 (0,15)	1	2,09 (0,48)	2,35 (0,55)	0	0,32 (0,16)	0,17 (0,08)
<b>08:10 - 08:20</b>	1	3,71 (4,18)	0,46 (0,71)	1	0,80 (0,95)	0,55 (0,64)	1	0,08 (0,07)	0,10 (0,08)	2	1,28 (0,47)	1,36 (0,50)	0	0,19 (0,09)	0,12 (0,04)
<b>08:20 - 08:30</b>	0	0,62 (1,08)	0,11 (0,15)	1	0,30 (0,38)	0,20 (0,30)	0	0,10 (0,12)	0,10 (0,10)	1	1,42 (0,62)	1,43 (0,54)	0	0,35 (0,19)	0,18 (0,09)



## 10. Oppsummering og vurdering

I dette avsluttende kapittelet vil metoden for datainnsamlingen og resultatene for oppgaven bli oppsummert. Resultatene vil bli vurdert og man vil diskutere ulike feilkilder. Til slutt vil man komme med en generell anbefaling i forhold til vikepliktparameterne og oppsummere hva man ikke fikk tid til i oppgaven, men som hadde vært interessant å se nærmere på.

### 10.1. Oppsummering og vurdering av datainnsamlingen

Datainnsamlingen ble i hovedsak gjort ut fra filmopptak utført i forbindelse med en annen masteroppgave i 2010. Dette har medført at man ikke har hatt mulighet til å gjøre registreringer utenom det man kan observere på film, samt informasjon fra selve masteroppgaven. Dette har skapt noen utfordringer, særlig ved registrering av kølengder.

Geometriske mål er innhentet ved å gjøre målinger på flyfoto, ved bruk av Trondheim kommunes kartdatabank. Ved slike målinger kan det oppstå feil. Det antas at kommunens datamateriale og måleinstrumenter har høy kvalitet, slik at eventuelle feil er marginale. I tillegg er modelleringen av geometrien i Aimsun gjort over flyfoto, slik at strekningene, og geometrien ellers, har blitt tilpasset bildet.

Ved innsamling av avviklet trafikkvolum har man gjort registreringer i intervaller på fem minutter. Dette har gjort at man har fått god innsikt i hvordan trafikkavviklingen har utviklet seg i løpet av hele perioden. Ved registreringene har man skilt mellom ulike svingebevegelser og kjøretøytypene lette kjøretøy, tunge kjøretøy og buss. For å gjøre slike registreringer under store trafikkmengder, må man følge med på flere ting samtidig, og dette kan medføre at kjøretøy blir registrert på feil svingebevegelse og kjøretøytype, blir dobbeltregistrert, eller ikke registrert i det hele tatt. Slike eventuelle feil vil trolig ha lite omfang, og være jevnt fordelt på tilfart og svingebevegelser. Det er derfor antatt at dette vil ha lite påvirkning på resultatet.

Kølengdene er hentet ut fra et tidligere arbeid, og sjekket opp mot det som har vært mulig å se på videoopptakene. Disse registreringene har blitt gjort for hvert minutt, og ut fra dette er det beregnet en gjennomsnittlig kølengde for intervaller på ti minutter. I beregningene er det flere feilkilder som kan ha betydning for resultatet.

Kølengder blir i utgangspunktet registrert ved å telle antall kjøretøy som står i stilltilstand før vikelinjen til et kryss. Ved en rundkjøring vil køen vanligvis bevege på seg, siden kjøretøy jevnlig får mulighet til å entre krysset. Når en kø beveger på seg, blir det vanskeligere å telle antall kjøretøy som står i køen. Registeringene er også gjort for alle tilfartene på samme tid, noe som fører til at det blir enda vanskeligere å gjøre tellinger på hvor mange kjøretøy som står i kø.

Kølengdene er derfor anslått i antall meter, for så å bli gjort om til antall kjøretøy. Ved omgjøringen av benevning har man valgt å anta at et kjøretøy i kø krever 7 meter. Ulike kjøretøy har ulik lengde, og ulike situasjoner og førere krever ulik avstand mellom kjøretøyene. Antagelsen om at gjennomsnittslengden er 7 meter vil ha stor usikkerhet, og vil kunne medføre at man feilberegner antall kjøretøy i kø.

Det vil også være usikkerhet knyttet til om et kjøretøy står i kø eller ikke. Siden en kø foran en rundkjøring vil være i bevegelse, vil kjøretøyene i kø ha en hastighet større enn null. Antagelser om hvor lav hastighet et kjøretøy må ha før det er en del av en kø, og hvor høy hastighet det må ha før det er ute av køen, vil påvirke resultatet. Aimsun definerer disse hastighetene som 1 m/s og 4 m/s. Under observasjoner er hastigheter vanskelig å avgjøre uten å ha måleutstyr.

Ved beregning av gjennomsnittlig kølengde, vil det være ønskelig å ha et bredt datagrunnlag og mange registreringer. I løpet av en kort tidsperiode kan en kø ha endret seg betraktelig. Flere registreringer reduserer eventuelle feil og gi et mer korrekt bilde av trafikksituasjonen. I oppgaven er registreringene gjort for hvert minutt. For å få bedre datagrunnlag burde man ha gjort registreringer hvert 20 eller 30 sekund. Dette er svært tidkrevende, og kan være vanskelig å få gjennomført i felt når det er flere tilfarter man skal følge med på samtidig.

Tidsluker er registrert ved å bruke stoppeklokke, og observere på videoopptak. Siden det skjer mye på samme tid, og kjøretøyene har høy hastighet, er videoopptakene spilt av med en hastighet som er halvparten av normal hastighet. Dette har ført til at tidslukene har blitt mer nøyaktig registrert, men det har vært tidkrevende og redusert antall registreringer. Det er også en usikkerhet rundt videoavspillingsprogrammet, om at avspilt hastighet faktisk er halvparten av normal hastighet.

Ved registreringene av tidsluker har det dukket opp flere utfordringer. I rundkjøringen på Nidarvoll har bilister fra Bratsbergvegen nord ofte hatt høy hastighet inn mot rundkjøringen, slik at for et vikende kjøretøy fra Sluppenvegen ser det ut som om at tidsluken vil være kort. Når kjøretøyet fra Bratsbergvegen nord har entret rundkjøringen minker det hastigheten, slik at tidsluken blir noe større enn antatt. Det er også observert flere motsatte tilfeller. Et vikende kjøretøy fra Sluppenvegen velger å kjøre inn i rundkjøringen, og stoler på at prioriterte kjøretøy bremses opp for å unngå kollisjon. Registreringer med slike situasjoner kan dermed skape et feil bilde av hvordan en fører vil benytte seg av tidsluker av ulik størrelse.

I rundkjøringen ved Moholt var det tidvis mange store tidsluker for Jonsvannsveien øst, slik at hele køen rakk å avvikles. Dette gjorde at det ble registrert færre tidsluker, og man har mindre grunnlag for å beregne kritisk tidsluke.

Kritisk tidsluke ble beregnet til 3,91 sekunder for Sluppenvegen, og 3,55 og 3,51 sekund for Jonsvannsveien øst og vest. Dette stemmer overens med teorien om at kritisk tidsluke vil bli lengre, hvis hastigheten på hovedstrømmen er høy. Ut fra observasjonene ble det ansett som om at trafikk fra Bratsbergvegen nord holdt høy hastighet, mens det var jevnere hastigheter i rundkjøringen på Moholt.

For begge rundkjøringene var det flere situasjoner som tydelig viste at personer kjører med ulik kjørestil. Flere førere plasserer seg feil eller dårlig i en rundkjøring, som gjør det er umulig for andre å kjøre inn eller at det ikke er tydelig hvor man skal. Mange unnlater å bruke blinklys, som også ville gjort det lettere for andre vikende fører å vite at man kan entre rundkjøringen trygt. Flere vikende førere er også uoppmerksomme mens man venter på tidsluker som er store nok, og ikke merker at det er klart. Dette vil føre til at store nok tidsluker ikke blir brukt. Aimsun tar høyde for dette ved at det tilegner ulike egenskaper til førere ut fra en sannsynlighetsfordeling.

Hvordan man kjører vil også avhenge av hva som er formålet med turen, og hvor god tid man har. Skal man rekke noe vil man ofte være mer aggressiv i trafikken, og akselerere og bremse mer enn nødvendig. Man vil også være mer offensiv, og ta større sjanser. Kjørestil kan avhenge av tidspunkt på dagen. I et morgenrush skal mange komme seg tidsnok til jobb og møter, mens ved et ettermiddagsrush skal de fleste hjem. Begge registreringene på Moholt ble gjort i morgenrushet. På Nidarvoll ble begge registreringene gjort i ettermiddagsrushet. Trafikksituasjonene vil dermed kunne antas at de være forholdsvis like, og det er derfor ikke sannsynlig at dette vil påvirke resultatet i vesentlig grad

Vær og kjøreforhold er den største forskjellen som ble observert under de ulike registreringene. På Nidarvoll var grått vær med noe regn den første registreringen, og det var tendenser til is på vegene. Under den andre registreringen var vegene tørre og det var bedre vær. På Moholt regnet og sludde det under den første registreringen, mens det var pent vært under den andre registreringen. Dette kan ha påvirkning på resultatene. Ved dårligere vær vil det være dårligere siktforhold, og ved glatte veger vil man normalt kjøre roligere. I tillegg vil det være mer attraktivt å gå og sykle under gode værforhold, noe som kom tydelig frem under den andre registreringen på Moholt. 7. april var det rundt 50 prosent flere fotgjengere og syklister enn under registreringen 24. mars.

For avviklet trafikkmengde har man fått forholdsvis like resultater fra de ulike registreringene. På Nidarvoll ble det totalt registrert 2246 kjøretøy den 9. mars, og 2362 kjøretøy den 22. mars. Det vil si at det ble registrert i overkant av 100 flere kjøretøy under den andre registreringen, og disse er jevnt fordelt over alle tre tilfarter. Fordelingen over tidsintervallene er ganske lik for Bratsbergvegen nord og sør, men varierer noe mer for Sluppenvegen. Kølengdene er også svært like for Bratsbergvegen nord og sør, hvor det er lite eller ingen kø begge dagene. Sluppenvegen har for begge dagene mest kø på i de to siste intervallene av perioden.

På Moholt ble det totalt registrert 2416 kjøretøy den 24. mars, og 2342 kjøretøy den 7. april. Det er relativt like trafikkmengder fra hver tilfart for begge dagene, men fra Jonsvannsveien øst, var det noe mindre trafikkmengde under den andre registreringen. For tre av tilfartene, Jonsvannsveien vest, Brøsetvegen og rampe fra E6 er fordelingen svært lik i løpet av tidsperioden for begge dagene. For samtlige er det også størst trafikkmengde i midten av perioden. Jonsvannsveien øst har større forskjeller på fordelingen over tidsperioden. For den første registreringen økes trafikken jevnt til midten av perioden, før den synker. For den andre registreringen er det et stort hopp fra første til andre intervall, før det så synker jevnt til slutten av perioden. Disse forskjellene vil sannsynligvis ikke ha stor påvirkning på resultatet. Forskjellene i kølengder er derimot mer interessant. For registreringen 24.03 er det gjennomsnittlig 80 kjøretøy i kø i en av 10-minutters periodene på Jonsvannsveien øst, høyre felt. For registreringen 07.04 er lengste gjennomsnittlige kølengde på samme tilfart kun 6 kjøretøy. Dette er en stor forskjell, som kan føre til at å sammenligne disse registreringene blir noe feil.

## **10.2. Oppsummering og vurdering av modelleringen i Aimsun**

Aimsun er en simuleringsmodell med svært mange muligheter. Det gjør at det er mulig å modellere de fleste trafikksituasjoner, og oppnå situasjoner som stemmer overens med virkeligheten. Dette gjør også at programmet har mange parametere som brukeren burde kjenne til, hvor mange av disse er like i navn og betydning. Man kan gjøre innstillinger for hele nettverket, lokalt for strekninger, eller kun for en kjøretøytype. Disse mulighetene gjør at det kan være utfordrende å oppnå gode resultater uten å justere de relevante parameterne, og kan få store konsekvenser hvis man gjør feil innstillinger.

I oppgaven har dette vært en utfordring, siden man har hatt begrenset med tid for å sette seg inn i programmet, samt at man hadde liten kunnskap om programmet på forhånd. Det er derfor flere parametere som burde vært nærmere undersøkt, for å oppnå bedre resultater. Dette gjelder særlig for avviklet trafikk på Moholt, hvor det begge dagene ble anslått en mye større avviklet trafikkmengde enn det som ble observert. Andre parametere kan ha endret hvordan Aimsun definerer hvilke kjøretøy som er en del av en kø.

Aimsun definerer et kjøretøy med en hastighet på under 1 m/s i kø, og at det er ute av køen når det oppnår en hastighet på over 4 m/s. For å oppnå større kølengder, burde man sett nærmere på disse parameterne og sammenlignet det med de observerte kølengdene. Dette kunne ført til at man har oppnådd bedre resultater for gjennomsnittlige kølengder. Omfanget til oppgaven har begrenset seg til parameterne i vikepliktmodellen. Derfor har det ikke blitt prioritert å se nærmere på disse.

For å prøve å oppnå realistiske resultater for trafikkavviklingen, er det valgt å bruke etterspurte trafikkmengder i OD-matrisene. På denne måten vil Aimsun selv beregne

hvor stor andel av trafikkmengden som blir avviklet, og hvor store køer som vil eventuelt vil dannes. Etterspurte trafikkmengder er beregnet ut fra å se på avviklet trafikkmengde og korrigere for endring i kølengde. De avviklede trafikkmengdene er registrert for perioder på fem minutter. Kølengder har blitt registrert for hvert minutt. I beregningene har derfor man brukt et gjennomsnittstall for kølengder for hvert femte minutt. Eventuelle feil i registreringene for kølengder vil derfor påvirke resultatet for etterspurte trafikkmengder.

Det er kun i enkelte utgaver av Aimsun hvor det er mulig å modellere fotgjengere. Utgaven som ble brukt i oppgaven har ikke dette tilgjengelig, og effekten som fotgjengerne har på trafikken er derfor ikke med i resultatene. Under observasjonene var antallet fotgjengere periodevis såpass stor at dette isolert sett kan ha noe å si. Dette gjelder særlig for Bratsbergvegen sør på Nidarvoll og Brøsetvegen på Moholt. Allikevel antas det at dette vil ha minimal betydning. Grunnen til dette er at fotgjengerne ofte krysset fotgjengerfelt på tidspunkt hvor det ikke var trafikk på veien, slik at de ikke påvirket trafikkavviklingen i rundkjøringen. Det var også ofte tilfelle at tilfarten med fotgjengerfelt ikke hadde store nok tidsluker til å kjøre inn i rundkjøringen mens fotgjengere krysset, slik at køen sto i ro. Det var kun unntaksvis, og da hovedsakelig på Sluppenvegen, hvor fotgjengerne krysset mens det var mulig å kjøre inn rundkjøringen, slik at trafikk fra Sluppenvegen fikk dårligere avvikling enn ønsket. Andre situasjoner som oppsto som kan ha påvirkning, er at det enkelte ganger oppsto kø fra utfarten på Bratsbergvegen sør og gjennom rundkjøringen til Bratsbergvegen nord, på grunn av forgjengere på fotgjengerfeltet. Dette førte til at hele avviklingen i rundkjøringen stoppet opp i noen sekunder, siden det samtidig ikke kom inn trafikk fra tilfarten på Bratsbergvegen sør, som også ble blokkert av fotgjengere. Disse situasjonene var såpass sjeldne, så det er antatt at effekten fotgjengere har på resultatet er minimal.

Av tilfartene til rundkjøringene på Nidarvoll og Moholt var det kun Jonsvannsveien øst som hadde to felt. Under observasjonene ble det allikevel sett at mange førere valgte å utnytte de brede tilfartsfeltene inn mot rundkjøringen, slik at det i praksis ble to felt. Dette skapte noe utfordring under datainnsamlingen, siden det var uklart hvordan disse skulle registreres under kølengder og antall kjøretøy som kjørte inn i tidsluker. Dette påvirker også antallet avviklede kjøretøy, siden man i utgangspunktet kan få avviklet to kjøretøy i samme tidsluke. I modelleringen kunne dette blitt tatt hensyn til ved å etablere svingefelt inn mot rundkjøringen. Dette har ikke blitt gjort siden det var i svært varierende grad hvor mange kjøretøy som presset seg frem i bredden, og at en slik modellering kunne skapt større feil på motsatt måte.

Tabell 18 og Figur 29 viste at antallet replikasjoner under simuleringen vil påvirke gjennomsnittresultatet kraftig. Det er valgt å kjøre 50 replikasjoner for hver simulering. For å redusere usikkerheten hadde det vært mulig å kjøre enda flere replikasjoner for hver simulering. Flere replikasjoner vil føre til at det tar lengre tid å få gjennomført simuleringene, og programmet må håndtere enda større datamengder. Valget på 50

replikasjoner vil dermed både gi et forholdsvis bredt grunnlag for å regne på gjennomsnittssituasjoner, og ikke bli for stort slik at man har mulighet til å utføre simuleringer for flere forskjellige situasjoner.

Resultatene i Aimsun for gjennomsnittlige kølengder og avviklede trafikkmengder er hentet fra de ulike tilfartene. Noen av tilfartene har vært delt opp i flere strekninger. En av grunnene til dette er at et fotgjengerfelt må være på starten eller slutten av en strekning, og fotgjengerfeltene har ikke ligget helt inntil innkjøringen til rundkjøringene. Disse strekningene mellom fotgjengerfeltene og rundkjøringen har vært i størrelsesorden 10-20 meter. Ved innhenting av resultater er det brukt de neste strekningene. Dette fører dermed til at resultatene for kølengder kan mangle 1-2 kjøretøy for de strekningene dette er aktuelt. For resultatene for avviklede kjøretøy vil dette ha liten påvirkning, siden man antar at hvis et kjøretøy blir avviklet på den ene strekningen, så blir det også avviklet på det neste.

### **10.3. Oppsummering og vurdering av kalibreringsprosessen**

Under kalibreringsprosessen har man justert vikepliktparameterne for å prøve å oppnå de observerte resultatene fra to ulike steder for en time i rushtrafikken fra en tilfeldig dag. Denne justeringen er så blitt brukt for å modellere samme time for samme rundkjøring for en annen tilfeldig dag. Oppgaven legger dermed stor vekt på to korte tidsperioder, som man har lite kjennskap til. Disse tidsperiodene er skal optimalt sett representere to gjennomsnittlige dager. Siden man har lite informasjon om hvordan en gjennomsnittlig dag er for de to ulike stedene, vil det være en usikkerhet om tidspunktene vil kunne være representative for området.

Oppgavens hensikt er å vurdere parameterne i vikeplikmodellen. At de observerte trafikksituasjonene representerer en gjennomsnittlig dag vil derfor ikke ha vesentlig betydning for oppgaven. Det er viktigere at de to observerte periodene for samme rundkjøring ikke har store forskjeller mellom seg som kan påvirke resultatene. Dette for å unngå at andre effekter spiller inn på resultatet. Datainnsamlingen viser at tidsperiodene for de to stedene er forholdsvis like, og at det dermed er mulig å sammenligne dem.

Ved vurdering av effektene er det tatt hensyn til gjennomsnittlige kølengder og avviklede trafikkmengder. Det er knyttet stor usikkerhet til både de observerte kølengdene og de beregnede kølengdene fra Aimsun. Det har derfor vært viktigere å prøve å oppnå sammenfallende resultater for avviklede trafikkmengder under kalibreringsprosessen. Det har også vært viktigere å prøve å oppnå samme tendens til hvilke tidsperioder det oppstår køer, enn at de beregnede kølengdene har hatt samme verdi som de observerte. På denne måten vil feilkilden for ulik beregning av kølengde minimeres.

En svakhet med oppgaven er at man kun har data for to ulike studieområder, og at man har lite data for hvert av studieområdene. En konsekvens av dette gjør at det blir vanskeligere å generalisere resultatene for oppgaven, både for selve rundkjøringen spesielt, og til andre lignende rundkjøringer generelt. Siden man bare har undersøkt rundkjøringer, er det også vanskelig å si noe om hvordan dette vil påvirke resultatene for andre situasjoner med vikeplikt.

#### **10.4. Oppsummering og vurdering av vikepliktparameterne i Aimsun**

Parameterne for vikepliktmodellen som er vurdert i oppgaven er *Initial og Final Safety Margin*, *Initial og Final GW Time Factor*, *Visibility to Give Way* og *Visibility along Main Stream*. Disse parameterne kan justeres for hver svingebevegelse, hvor de fire første parameterne definerer hvordan en fører vil oppføre seg i det konkrete krysset. De to siste, synlighetssonene, er mer avhengig av geometrien til krysset og tilfarten.

##### **Initial og Final Safety Margin**

*Initial og Final Safety Margin* avgjør hvor stor sikkerhetsmargin et vikende kjøretøy krever for å kjøre inn i et kryss. Aimsun har gjort det mulig å ha to ulike størrelser, som reguleres etter hvor lenge man har stått og ventet. Dette gjør at man kan modellere at førere blir mer utålmodige og tar større sjanser hvis man har ventet en stund.

Å vurdere disse størrelsene har vært en utfordring i oppgaven. Å måle en sikkerhetsmargin kunne i utgangspunktet blitt gjort ved å måle tiden mellom to kjøretøy, bak-front, ved et spesifikt punkt. Dette har vist seg mer problematisk enn ventet, siden de vikende kjøretøyene har hatt ulike svingebevegelser, og plassert seg ulikt i rundkjøringen. I tillegg har vinklingen i videoopptakene vært plassert slik at man har sett den mest interessante tilfarten bakfra, sånn at å se når kjøretøyet er ved målepunktet har vært vanskelig. En annen problemstilling ved den metoden er å vurdere når en sikkerhetsmargin er en liten nok til å være til å være den gjennomsnittlige mest akseptable sikkerhetsmarginen. Det ville også vært en utfordring å skille mellom en initial og en avsluttende sikkerhetsmargin.

I oppgaven har man valgt å beregne kritisk tidsluke og følgetid for tilfartene med køproblematikk. Dette for å få et inntrykk av hvor stor luken mellom to prioriterte kjøretøy må være for at en gjennomsnittlig vikende fører vil velge å kjøre inn i krysset. Som utgangspunkt er det antatt at en sikkerhetsmargin alltid vil være kortere enn kritisk tidsluke, siden sikkerhetsmarginen vil være en del av en kritisk tidsluke. Det er også tatt utgangspunkt i at en gjennomsnittlig bilfører ikke vil akseptere en sikkerhetsmargin som mindre enn 1 sekund, siden dette kan skape situasjoner som kan føre til kollisjon.

En annen forutsetning i oppgaven er at hastigheten til kjøretøyene, vil spille inn på sikkerhetsavstanden. Kjøretøy på tilfarter med lite kø og som ofte får mulighet til å kjøre inn i rundkjøringen uten stans, vil bruke kortere tid på å nå et eventuelt kollisjonspunkt,

og krever dermed lavere sikkerhetsavstand. Kjøretøy som står i kø må akselerere, og vil dermed bruke lengre tid for å passere et eventuelt kollisjonspunkt.

Ved vurderingen av parameterne fikk *Initial Safety Margin* verdier fra 3 til 8 sekund, hvor 3 sekund er standardverdien til Aimsun. *Final Safety Margin* har en standardverdi på 1 sekund, og ble også prøvd med verdier på 2 og 3 sekund. Disse ble vurdert uavhengig av hverandre. Siden kritisk tidsluke sjelden er større enn 4 sekund, burde man i oppgaven heller fokusert på sikkerhetsmarginer som ligger mellom 1 og 4 sekund.

En sikkerhetsmargin på 7-8 sekund i en rundkjøring er mye, og i rundkjøringen på Nidarvoll var det sjelden så store tidsluker som gir rom for dette for kjøretøyene på Sluppenvegen. Det er derfor noe overraskende at trafikkavviklingen ikke fikk større påvirkning enn det man så i Figur 31. Samtidig vil både en *Initial Safety Margin* på 3 og på 8 sekund være såpass stor, at trafikken på Sluppenvegen sjelden kan entre rundkjøringen før man har nådd *Maximum Give Way Time* og sikkerhetsmarginen synker mot *Final Safety Margin*. Dette vil forklare hvorfor man ikke så større forskjeller mellom en verdi på 3 og 8 sekund.

Resultatet for *Final Safety Margin* viste at en økning fra 1 til 3 sekund ga økte kølengder og dårligere trafikkavvikling for tilfarten. For avviklet trafikkmengde, som ble vist i Figur 33, er dette resultatet mindre tydelig. En av grunnene til dette kan være at i løpet av et intervall på ti minutter, så vil tilfarten klare å avvikle like stor trafikkmengde når det er lite køer, uavhengig av størrelsen på sikkerhetsmarginene. Når det derimot blir lengre kølengder, som først skjedde i siste intervall, vist i Figur 32, får ikke tilfarten avviklet alle etterspurte kjøretøy. Sikkerhetsmarginen vil dermed påvirke hvor mange kjøretøy som klarer å entre rundkjøringen, og antall avviklede kjøretøy går ned.

Videre i oppgaven, ved testing av flere parametere og på flere felt samtidig, fant man resultater som viste lignende tendenser. For svingebevegelser på tilfarter med mye kø, ga høye sikkerhetsmarginer brukbare resultater. Kombinert med lave sikkerhetsmarginer på tilfarter med lite kø og høy fart, ble resultatene enda bedre.

### **Initial og Final GW Time Factor**

*Initial* og *Final GW Time Factor* avgjør, sammen med *Maximum Give Way Time*, når *Initial Safety Margin* skal reduseres, og hvor raskt det skal reduseres før man når *Final Safety Margin*. Disse parameterne vil altså avgjøre hvor lenge en bilfører er tålmodig, og hvor raskt tålmodigheten synker. *Maximum Give Way Time* har en standardverdi på 10 sekunder, og i oppgaven har ikke denne blitt endret. I stedet har man redusert og økt tidsfaktorene, for å se på effekten av disse.

Som for sikkerhetsmarginene har det vært en utfordring å avgjøre tidsfaktorene. Å gjøre registreringer av når en fører blir mer utålmodig, ved å se på videoopptak for et kryss med mye trafikk, vil kreve mange antagelser og usikre målinger. Det er derfor valgt å se på standardverdiene satt av Aimsun, og teste ulike verdier for disse. Tidsfaktorene har



standardverdiene 1 og 2. Det vil si at Aimsun har som standard at en fører i en vikesituasjon, vil begynne å bli mer utålmodig etter 10 sekunder, og når *Final Safety Margin* etter 20 sekunder.

Under vurderingen av parameterne ble kun *Final GW Time Factor* sett nærmere på. Grunnen til dette er at disse tre parameterne henger sammen, og ved å teste en av dem så vil man kunne anta at resultatet gjelder for de to andre parameterne også. Verdiene som ble testet var 1 til 4.

Resultatet for vurderingen viste at større tidsfaktor ga lengre kølengder. Det største spranget var mellom en faktor på 2 og 3, som tilsier at minimal sikkerhetsmargin ble oppnådd etter henholdsvis 20 og 30 sekund. En økning til en faktor på 4 ga fortsatt lengre kølengder, men hadde et mindre sprang. Dette kan forklares med at etter 30 til 40 sekunder, så vil det vanligvis dukke opp en tidsluke som er akseptabel for det vikende kjøretøyet, når sikkerhetsmarginen synker fra 3 til 1 sekund. Ved en større *Initial* og *Final Safety Margin* ville sannsynligvis en større *Final GW Time Factor* ha større påvirkning.

Ved beregning av avviklede kjøretøy, så viste grafen i Figur 35 at punktene i løpet av perioden var sammenfallende, og varierte aldri mer enn 5 kjøretøy. En av grunnene til dette kan være at sikkerhetsmarginen alltid begynte å synke fra 3 sekund etter at et vikende kjøretøy hadde ventet i 10 sekunder, og at det dermed dukket opp tidsluker som var store nok til å få avviklet forholdsvis like trafikkmengder i løpet av et intervall på ti minutter.

Videre i oppgaven, ved testing på flere felt og med flere parametere samtidig, fant man resultater som viste lignende tendenser. Ved å bruke lave verdier for begge tidsfaktorene på tilfarter med liten kø, fikk man bedre resultater. Dette gjaldt både den justerte tilfarten, som fikk høyere avviklet trafikkmengde og kortere kølengder, men også at de andre tilfartene ble påvirket, siden det ankommer mer trafikk i rundkjøringen som disse må vike for. I tillegg til dette, ble det lengre kølengder og mindre avviklet trafikk hvis man økte tidsfaktorene for de tilfartene med køproblematikk.

### **Visibility to Give Way og Visibility along Main Stream**

Synlighetssonene, *Visibility to Give Way* og *Visibility along Main Stream*, avgjør når vikepliktmodellen skal settes i gang, og hvor langt et vikende kjøretøy kan se langs hovedstrømmen.

Disse avstandene kan måles ved å undersøke siktlengdene og geometrien til vegene i tilknytning til krysset. I Aimsun er standardverdiene 30 og 60 meter. Ved testing av parameterne ble det prøvd verdier for *Visibility to Give Way* på 10 til 50 meter, i tillegg til 100 meter. For *Visibility along Main Stream* ble det testet verdier for 40 til 70 meter, i tillegg til 100 meter.

Resultatet for vurderingene ga ingen klare svar på hvordan disse verdiene påvirker kølengder og avviklet trafikk. Grafene i Figur 36 til Figur 39 viser at punktene sammenfaller i løpet av perioden, og at det varierer veldig på hvordan de ligger an i forhold til hverandre.

Dette tyder på at synlighetssonene vil ha liten påvirkning på hvordan vikeplikt blir modellert i Aimsun. En av grunnene til dette kan være at den valgte rundkjøringen hadde mye trafikk, slik at kjøretøy på tilfarten som ble justert nesten alltid måtte vike for kjøretøy i rundkjøringen. På den samme tilfarten var det også ofte kø. Kjøretøy måtte derfor vente på at foregående kjøretøy fikk kjøre inn i rundkjøringen, før det selv ville vurdere luker. I slike situasjoner vil ikke avstanden for når vikepliktmodellen blir igangsatt ha betydning. For tilfarter med mindre kø eller lavere trafikkmengder kan denne parameteren ha større betydning.

I kryss med lite trafikk på hovedstrømmen, vil en økning i *Visibility along Main Stream* kunne gi bedre avvikling, siden den vikende trafikkstrømmen tidligere vil vite at det ikke kommer noe prioritert kjøretøy. Samtidig, den vikende trafikkstrømmen tar kun hensyn til kjøretøy som er innenfor *Visibility along Main Stream*. Ved å oppgi en liten verdi vil ikke det vikende kjøretøyet se om det er kjøretøy rett utenfor sonen, og dermed ikke ta hensyn til det.

I oppgaven er det ikke kommet frem til hvordan disse to parameterne burde brukes på best mulig måte.

#### **Anbefalinger for parameterne i vikepliktmodellen**

Ved justering på parameterne i *gap-acceptance model* til en av tilfartene, vil man påvirke resultatet for hele rundkjøringen. Det er fordi bedre eller verre avvikling på en tilfart vil gjøre at den sirkulerende og prioriterte trafikken vil bli annerledes. En justering på en av tilfartene kan dermed være nok, for at trafikken for rundkjøringen skal bli modellert mer korrekt i forhold til virkeligheten. Vanligvis vil det derimot være nødvendig å justere på flere av tilfartene, ved å forbedre avviklingen til en av tilfartene, og forverre avviklingen til en annen.

Fire av parameterne i vikepliktmodellen henger mye sammen. *Initial* og *Final Safety Margin*, og *Initial* og *Final GW Time Factor* vil alle påvirke hvor stor sikkerhetsmargin et vikende kjøretøy vil akseptere, og når kjøretøyet vil akseptere det. For å forbedre eller forverre trafikkavviklingen til en tilfart er det dermed litt uklart hvilken parameter man helst burde justere.

I oppgaven ble det funnet at verdier for *Initial Safety Margin* på tilfarter med mye kø burde ligge mellom 3,5 og 3,9 sekund, og på tilfarter med lite kø mellom 1,5 og 2 sekund. *Final Safety Margin* burde ha verdier mellom 1,7 til 2 sekunder for tilfarter med mye kø, og ligge på 1 sekund for tilfarter med lite kø.

*Initial GW Time Factor* burde ligge på 1 for tilfarer med mye kø, og reduseres til 0,5 for tilfarer med lite kø. *Final GW Time Factor* burde ligge mellom 3 og 4 for tilfarer med mye kø, og ligge mellom 1 og 1,5 for tilfarer med lite kø.

Disse verdiene ga forholdsvis gode resultater for de to rundkjøringene som ble observert, under de periodene de ble observert. Datagrunnlaget er begrenset, og det er derfor vanskelig å si noe om disse verdiene kan generaliseres til de samme rundkjøringene under andre tidsperioder, eller til andre lignende rundkjøringer. Oppgaven tyder allikevel på at en økning i sikkerhetsmarginer og tidsfaktorer generelt vil redusere trafikkavviklingen til valgt svingebevegelse. Oppgaven tyder også på at man oppnår bedre resultater ved å justere på flere av parameterne samtidig.

I oppgaven viste det seg at parameterne *Visibility to Give Way* og *Visibility along Main Stream* ikke påvirket resultatet på noen klar måte. Det vil derfor ikke anbefales noen verdier for disse, men heller bruke standardverdiene som Aimsun har satt.

## 10.5. Videre arbeid

Under oppgaven er det flere ting som ikke har blitt undersøkt nærmere, både på grunn av begrensning med tid, men også for å begrense omfanget til oppgaven. Underveis har man også tilegnet seg bedre forståelse for Aimsun, og forstått i større grad hvilken påvirkning ulike funksjoner og parametere har på modelleringen. Hadde man hatt samme kjennskap til dette ved starten av oppgaven, hadde man gjort andre valg, og lagt mer fokus på andre områder.

Resultatet for oppgaven gir et generelt grunnlag for hvordan de ulike parameterne kan brukes i modellering av vikepliktsituasjoner. Simulering i Aimsun er tidkrevende, siden man trenger mange replikasjoner for å få en representativ gjennomsnittlig verdi. For å forstå parameterne grundigere, er det nødvendig å kjøre flere replikasjoner for å redusere usikkerhet. I tillegg er det nødvendig å se på flere verdier, med mindre intervaller, for å få større forståelse på hvor mye en endring vil påvirke resultatet. Dette gjelder særlig for verdisettingen for sikkerhetsmarginene, som burde ligge mellom 1 og 4 sekund.

På grunn av begrenset datagrunnlag har resultatene lav validitet, og man burde videre undersøke et større omfang av områder for å se om verdiene for parameterne vil gi tilsvarende resultater. Oppgaven ser også kun på krysstypen rundkjøring, og det ville vært interessant å se hvordan disse parameterne vil spille inn i andre kryssløsninger. Dette gjelder særlig for parameterne *Visibility to Give Way* og *Visibility to Main Stream*, hvor disse kan ha større betydning for resultatet.

I oppgaven har det kun blitt sett på hvordan vikepliktmodellen i mikrosimuleringen til Aimsun. For å få større forståelse for hvordan vikeplikt modelleres i Aimsun, kunne det

også vært interessant å se nærmere på hvordan dette gjøres i meso- og makrosimuleringene.

Aimsun bruker parametere som er vanskelig å måle. For å få bedre kjennskap til disse, er det nødvendig å undersøke disse nærmere, og prøve å utvikle en metodikk for å vurdere hvordan bilførers tålmodighet og risikovilje endres under vikesituasjoner.

## Bibliografi

- Aakre, A. (2014). Avvikling i kryss. *BA6062 Trafikkmodeller og ITS*. Trondheim: NTNU.
- Aakre, A. (2014). Generelt om trafikkmodeller. *BA6062 Trafikkmodeller og ITS*. Trondheim: NTNU.
- Aakre, A., & Haugen, T. (2013). Basic traffic terms, definitions and relations part 1. *TBA4286 Traffic engineering and ITS* (ss. 2-8). Trondheim: NTNU.
- Aakre, A., & Haugen, T. (2013). Basic traffic terms, definitions and relations part 2. *TBA4286 Traffic engineering and ITS* (ss. 2-33). Trondheim: NTNU.
- Aakre, A., & Haugen, T. Capacity and level of service at non-signalised intersections. *TBA4286 Traffic engineering and ITS*. 2013: NTNU.
- Aakre, A., & Haugen, T. (2013). Traffic Flow Theory - Part 1 Macroscopic models. *TBA4286 Traffic engineering and ITS*. Trondheim: NTNU.
- AtB. (2014). *atb.no*. Hentet 03 28, 2014 fra Rutetider i Trondheim: <https://www.atb.no/rutetider/#route/64945>
- Haugen, T. (2013). Sidra Intersection. *TBA4286 Trafikkavvikling og ITS*. NTNU.
- kart.finn.no. (2014). *kart.finn.no*. Hentet 04 30, 2014 fra kart.finn.no: <http://kart.finn.no/>
- Myre, H. K. (2010). *Praktisk uttesting av SIDRA for å vurdere kapasitets- og avviklingsforhold i rundkjøringer*. Masteroppgave, NTNU, Institutt for bygg, anlegg og transport, Trondheim.
- Transport Simulation Systems. (2013). Aimsun - On-Ramp & Give Way Models. *11th Aimsun Users Meeting 2013*.
- Transport Simulation Systems. (2013). *Aimsun 8 Users' Manual*.
- Transport Simulation Systems. (2014). *Aimsun 8 Dynamic Simulators Users' Manual*.
- Transport Simulation Systems. (2013). *What's new? A quick guide to the new features available in Aimsun 8*.
- Troutbeck, R. J., & Brilon, W. (1997). Unsignalized Intersection Theory. I N. H. Gartner, C. J. Messer, Rathi, & A. K., *Monograph on Traffic Flow Theory*.
- Trondheim kommune. (u.d.). *Kart, Trondheim kommune*. Hentet 05 8, 2014 fra <http://kart5.nois.no/trondheim/Content/Main.asp?layout=trondheim&time=1401026223&vwr=&MapType=png>



## Vedlegg

### Vedlegg i rapporten:

1. Oppgavebeskrivelse
2. Etterspurte trafikkmengder, Nidarvoll 09.03.10
3. Etterspurte trafikkmengder, Nidarvoll 22.03.10
4. Etterspurte trafikkmengder, Moholt 24.03.10
5. Etterspurte trafikkmengder, Moholt 07.04.10
6. Test av parametere, kølengder for Nidarvoll
7. Test av parametere, avviklet trafikkmengde for Nidarvoll
8. Test av parametere, kølengder for Moholt
9. Test av parametere, avviklet trafikkmengde for Moholt

### Elektroniske vedlegg:

- AIMSUN-filer
- Excel-ark (trafikkregisteringer og beregninger)
- Videoopptak





**MASTEROPPGAVE**  
**(TBA4945 Transport, masteroppgave)**

VÅREN 2014  
for  
**Oddbjørn Strøm**

**Uttesting av modell for vikeplikt i AIMSUN**

**BAKGRUNN**

AIMSUN er en anerkjent modell for å beskrive trafikkavvikling i et gatenett. I utgangspunktet er AIMSUN en detaljert simuleringsmodell som beskriver trafikken på mikronivå. Men modellen finnes også i en noe forenklet form som kan benyttes på mesonivå.

Det er viktig at en slik simuleringsmodell kan gi en realistisk beskrivelse av trafikkavviklingen. I byer og tettsteder vil kø og forsinkelse i stor grad henge sammen med utforming og regulering av kryss. Det er derfor særlig viktig å modellere kryssene så godt som mulig.

Modellen for vikeplikt i ikke-signalregulerte kryss er vesentlig endret i versjon 8 av programmet. Hensikten med denne oppgaven er å teste ut denne modellen for vikeplikt slik at vi får et bedre grunnlag for koding av slike kryss.

## OPPGAVE

Målsettingen med oppgaven er å beskrive og teste ut modellen for beskrivelse av vikeplikt i AIMSUN versjon 8.

Opgaven kan deles i 4 deler:

I den første delen skal kandidaten gi en beskrivelse av AIMSUN med hovedvekt på teori og parametere for hvordan vikeplikt kan modelleres.

I den andre delen skal det finnes fram til et begrenset antall kryss der en gjør observasjoner og samler inn nødvendig grunnlagsdata for å kjøre AIMSUN samt vurdere resultatene fra modellen. Utvalget skal være basert på en del forhåndsdefinerte kriterier som skal diskuteres og beskrives i rapporten.

I den tredje delen skal kandidaten benytte AIMSUN for å modellere disse kryssene på en best mulig måte og sammenligne med observert trafikkavvikling.

Til slutt skal kandidaten gi en oppsummering av sine erfaringer med modellering av vikeplikt i AIMSUN. Basert på resultater og erfaringer, så bør kandidaten forsøke å komme med generelle anbefalinger for hvordan vikeplikt bør modelleres i AIMSUN.

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

## GENERELT

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

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

Besvarelsen skal inneholde

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

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

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

### Hva skal innleveres?

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

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

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

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

### (Evt) Avtaler om ekstern veiledning, gjennomføring utenfor NTNU, økonomisk støtte m.v.

Beskrives her når dette er aktuelt. Se <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank> for avtaleskjema.

### 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, befaring, feltkurs eller ekskursionsjoner, 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](mailto: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.

**Faglærer ved instituttet:** Arvid Aakre

Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU

Dato: 15.01.2014

Underskrift



---

Faglærer

## Vedlegg 2: Etterspurte trafikkmengder, Nidarvoll 09.03.10

Til:	Bratsbergvegen nord		Bratsbergvegen sør		Sluppenvegen		15:30
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Bratsbergvegen nord	6		48	3	9	1	0
Bratsbergvegen sør	45	3			7	1	1
Sluppenvegen	30	0	15	0			0

Til:	Bratsbergvegen nord		Bratsbergvegen sør		Sluppenvegen		15:35
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Bratsbergvegen nord	8		41	0	15	0	0
Bratsbergvegen sør	32	0			11	1	3
Sluppenvegen	20	1	13	0			0

Til:	Bratsbergvegen nord		Bratsbergvegen sør		Sluppenvegen		15:40
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Bratsbergvegen nord	9		52	1	15	2	1
Bratsbergvegen sør	48	0			11	2	1
Sluppenvegen	27	0	11	0			2

Til:	Bratsbergvegen nord		Bratsbergvegen sør		Sluppenvegen		15:45
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Bratsbergvegen nord	12		49	2	18	1	0
Bratsbergvegen sør	37	0			7	0	2
Sluppenvegen	39	0	27	0			2

Til:	Bratsbergvegen nord		Bratsbergvegen sør		Sluppenvegen		15:50
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Bratsbergvegen nord	8		67	1	15	1	0
Bratsbergvegen sør	44	3			11	0	2
Sluppenvegen	27	1	8	0			1

Til:	Bratsbergvegen nord		Bratsbergvegen sør		Sluppenvegen		15:55
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Bratsbergvegen nord	5		62	1	17	0	1
Bratsbergvegen sør	36	0			15	0	5
Sluppenvegen	22	0	16	0			3

Til:	Bratsbergvegen nord		Bratsbergvegen sør		Sluppenvegen		16:00
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Bratsbergvegen nord	13		55	0	23	1	0
Bratsbergvegen sør	40	2			10	0	0
Sluppenvegen	36	0	21	0			0

Til:	Bratsbergvegen nord		Bratsbergvegen sør		Sluppenvegen		16:05
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Bratsbergvegen nord	10		55	0	11	0	1
Bratsbergvegen sør	45	0			10	0	0
Sluppenvegen	42	0	11	0			0

Til:	Bratsbergvegen nord		Bratsbergvegen sør		Sluppenvegen		16:10
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Bratsbergvegen nord	13		61	0	13	0	0
Bratsbergvegen sør	63	1			5	0	4
Sluppenvegen	30	2	10	0			2

Til:	Bratsbergvegen nord		Bratsbergvegen sør		Sluppenvegen		16:15
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Bratsbergvegen nord	18		61	1	16	0	0
Bratsbergvegen sør	65	0			13	0	4
Sluppenvegen	36	0	18	0			1

Til:	Bratsbergvegen nord		Bratsbergvegen sør		Sluppenvegen		16:20
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Bratsbergvegen nord	14		76	0	15	0	0
Bratsbergvegen sør	55	1			12	0	1
Sluppenvegen	32	3	23	0			1

Til:	Bratsbergvegen nord		Bratsbergvegen sør		Sluppenvegen		16:25
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Bratsbergvegen nord	5		65	0	20	1	1
Bratsbergvegen sør	43	2			6	0	5
Sluppenvegen	47	1	26	0			0

### Vedlegg 3: Etterspurte trafikkmengder, Nidarvoll 22.03.10

Til:	Bratsbergvegen nord		Bratsbergvegen sør		Sluppenvegen		15:30
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Bratsbergvegen nord	12	0	51	1	20	0	1
Bratsbergvegen sør	45	0			12	0	2
Sluppenvegen	36	2	11	2			1

Til:	Bratsbergvegen nord		Bratsbergvegen sør		Sluppenvegen		15:35
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Bratsbergvegen nord	15	1	49	0	15	1	0
Bratsbergvegen sør	51	2			8	0	2
Sluppenvegen	38	3	14	0			0

Til:	Bratsbergvegen nord		Bratsbergvegen sør		Sluppenvegen		15:40
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Bratsbergvegen nord	8	0	61	2	18	0	0
Bratsbergvegen sør	52	0			12	1	0
Sluppenvegen	35	2	16	0			1

Til:	Bratsbergvegen nord		Bratsbergvegen sør		Sluppenvegen		15:45
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Bratsbergvegen nord	13	0	60	2	18	0	1
Bratsbergvegen sør	45	0			7	1	4
Sluppenvegen	29	0	15	0			3

Til:	Bratsbergvegen nord		Bratsbergvegen sør		Sluppenvegen		15:50
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Bratsbergvegen nord	7	0	60	1	16	1	1
Bratsbergvegen sør	46	0			7	0	1
Sluppenvegen	30	0	11	1			0

Til:	Bratsbergvegen nord		Bratsbergvegen sør		Sluppenvegen		15:55
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Bratsbergvegen nord	11	0	58	0	18	1	0
Bratsbergvegen sør	46	3			6	0	5
Sluppenvegen	30	1	17	0			0

Til:	Bratsbergvegen nord		Bratsbergvegen sør		Sluppenvegen		16:00
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Bratsbergvegen nord	7	0	59	0	10	0	0
Bratsbergvegen sør	54	2			10	0	3
Sluppenvegen	27	0	13	0			2

Til:	Bratsbergvegen nord		Bratsbergvegen sør		Sluppenvegen		16:05
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Bratsbergvegen nord	12	0	72	2	15	0	2
Bratsbergvegen sør	75	0			12	0	2
Sluppenvegen	31	1	21	1			3

Til:	Bratsbergvegen nord		Bratsbergvegen sør		Sluppenvegen		16:10
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Bratsbergvegen nord	27	0	66	2	19	1	2
Bratsbergvegen sør	67	0			13	0	0
Sluppenvegen	36	0	24	0			1

Til:	Bratsbergvegen nord		Bratsbergvegen sør		Sluppenvegen		16:15
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Bratsbergvegen nord	9	0	65	0	19	0	0
Bratsbergvegen sør	52	0			7	0	4
Sluppenvegen	32	0	26	0			0

Til:	Bratsbergvegen nord		Bratsbergvegen sør		Sluppenvegen		16:20
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Bratsbergvegen nord	9	0	64	1	16	0	2
Bratsbergvegen sør	40	2			7	0	1
Sluppenvegen	29	0	11	0			3

Til:	Bratsbergvegen nord		Bratsbergvegen sør		Sluppenvegen		16:25
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Bratsbergvegen nord	9	0	42	0	14	1	0
Bratsbergvegen sør	40	0			5	0	1
Sluppenvegen	21	0	11	0			0



## Vedlegg 4: Etterspurte trafikkmengder, Moholt 24.03.10

Til:	Jonsvannsveien vest		Brøsetvegen		Jonsvannsveien øst		E6 Rampe		07:30
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Jvn vest			4	0	14	0	19	0	0
Brøvn	3	0			6	0	10	0	2
Jvn øst	36	0	27	1			26	1	
E6	13	0	8	0	3	1			

Til:	Jonsvannsveien vest		Brøsetvegen		Jonsvannsveien øst		E6 Rampe		07:35
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Jvn vest			2	0	16	1	13	0	0
Brøvn	5	1			6	0	17	0	4
Jvn øst	58	0	25	1			39	0	
E6	8	0	3	0	4	0			

Til:	Jonsvannsveien vest		Brøsetvegen		Jonsvannsveien øst		E6 Rampe		07:40
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Jvn vest			3	0	19	0	25	1	4
Brøvn	1	0			10	0	7	0	11
Jvn øst	64	1	35	1			25	0	
E6	28	0	4	0	0	0			

Til:	Jonsvannsveien vest		Brøsetvegen		Jonsvannsveien øst		E6 Rampe		07:45
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Jvn vest			6	0	19	0	26	0	1
Brøvn	3	0			4	1	8	0	9
Jvn øst	69	1	51	1			21	0	
E6	9	0	8	0	5	1			

Til:	Jonsvannsveien vest		Brøsetvegen		Jonsvannsveien øst		E6 Rampe		07:50
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Jvn vest			5	0	27	0	32	0	3
Brøvn	3	0			6	0	10	0	7
Jvn øst	61	0	59	0			34	0	
E6	10	0	9	0	12	0			

Til:	Jonsvannsveien vest		Brøsetvegen		Jonsvannsveien øst		E6 Rampe		07:55
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Jvn vest			3	0	23	0	19	0	0
Brøvn	2	0			11	1	13	0	6
Jvn øst	57	0	37	1			47	3	
E6	15	0	9	0	9	0			

Til:	Jonsvannsveien vest		Brøsetvegen		Jonsvannsveien øst		E6 Rampe		08:00
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Jvn vest			9	0	32	0	17	0	0
Brøvn	1	0			6	0	14	0	2
Jvn øst	22	0	16	0			50	2	
E6	16	0	6	0	10	0			

Til:	Jonsvannsveien vest		Brøsetvegen		Jonsvannsveien øst		E6 Rampe		08:05
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Jvn vest			3	0	28	0	20	0	4
Brøvn	3	0			10	0	9	1	5
Jvn øst	25	0	19	1			39	3	
E6	12	0	3	0	6	0			

Til:	Jonsvannsveien vest		Brøsetvegen		Jonsvannsveien øst		E6 Rampe		08:10
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Jvn vest			3	0	24	0	9	0	3
Brøvn	4	1			8	0	9	0	6
Jvn øst	44	0	17	0			22	0	
E6	9	0	6	0	11	0			

Til:	Jonsvannsveien vest		Brøsetvegen		Jonsvannsveien øst		E6 Rampe		08:15
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Jvn vest			5	0	25	1	20	0	0
Brøvn	3	0			2	1	6	0	3
Jvn øst	38	0	29	0			22	0	
E6	13	0	3	0	9	0			

Til:	Jonsvannsveien vest		Brøsetvegen		Jonsvannsveien øst		E6 Rampe		08:20
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Jvn vest			5	0	21	2	14	0	1
Brøvn	4	0			6	0	6	0	4
Jvn øst	52	1	25	0			30	0	
E6	6	0	4	0	4	0			

Til:	Jonsvannsveien vest		Brøsetvegen		Jonsvannsveien øst		E6 Rampe		08:25
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Jvn vest			4	0	28	2	10	0	2
Brøvn	3	0			9	0	10	0	3
Jvn øst	37	0	16	0			20	2	
E6	12	0	8	0	10	0			

## Vedlegg 5: Etterspurte trafikkmengder, Moholt 04.07.10

Til:	Jonsvannsveien vest		Brøsetvegen		Jonsvannsveien øst		E6 Rampe		07:30
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Jvn vest			6	1	5	1	21	0	2
Brøvn	5	0			6	0	7	0	6
Jvn øst	46	1	14	1			23	1	
E6	8	0	5	0	5	0			

Til:	Jonsvannsveien vest		Brøsetvegen		Jonsvannsveien øst		E6 Rampe		07:35
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Jvn vest			4	0	16	0	24	1	2
Brøvn	2	0			5	0	14	0	7
Jvn øst	49	0	26	1			29	1	
E6	17	0	3	0	6	0			

Til:	Jonsvannsveien vest		Brøsetvegen		Jonsvannsveien øst		E6 Rampe		07:40
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Jvn vest			1	0	16	1	13	0	1
Brøvn	4	0			7	0	15	0	6
Jvn øst	68	1	40	1			37	1	
E6	16	0	3	0	8	0			

Til:	Jonsvannsveien vest		Brøsetvegen		Jonsvannsveien øst		E6 Rampe		07:45
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Jvn vest			4	0	15	1	19	1	5
Brøvn	3	0			7	0	20	0	17
Jvn øst	43	2	43	0			39	0	
E6	13	0	4	0	5	1			

Til:	Jonsvannsveien vest		Brøsetvegen		Jonsvannsveien øst		E6 Rampe		07:50
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Jvn vest			5	0	18	0	33	0	1
Brøvn	5	1			11	0	9	0	5
Jvn øst	57	2	42	0			35	1	
E6	22	1	4	0	14	0			

Til:	Jonsvannsveien vest		Brøsetvegen		Jonsvannsveien øst		E6 Rampe		07:55
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Jvn vest			3	0	29	0	25	0	0
Brøvn	1	0			9	0	9	0	7
Jvn øst	46	1	29	0			26	3	
E6	17	0	8	0	17	0			

Til:	Jonsvannsveien vest		Brøsetvegen		Jonsvannsveien øst		E6 Rampe		08:00
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Jvn vest			4	0	26	1	16	0	2
Brøvn	3	0			6	0	12	0	4
Jvn øst	34	0	26	1			19	3	
E6	16	0	2	0	7	0			

Til:	Jonsvannsveien vest		Brøsetvegen		Jonsvannsveien øst		E6 Rampe		08:05
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Jvn vest			2	1	22	1	23	1	1
Brøvn	7	0			5	0	10	0	13
Jvn øst	54	2	29	0			27	2	
E6	6	0	8	0	9	0			

Til:	Jonsvannsveien vest		Brøsetvegen		Jonsvannsveien øst		E6 Rampe		08:10
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Jvn vest			2	0	23	0	16	0	3
Brøvn	6	0			7	0	8	0	6
Jvn øst	42	0	20	0			24	3	
E6	6	0	5	0	10	0			

Til:	Jonsvannsveien vest		Brøsetvegen		Jonsvannsveien øst		E6 Rampe		08:15
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Jvn vest			5	0	19	0	14	0	2
Brøvn	2	0			7	0	11	1	6
Jvn øst	39	1	18	1			21	0	
E6	8	0	4	0	10	0			

Til:	Jonsvannsveien vest		Brøsetvegen		Jonsvannsveien øst		E6 Rampe		08:20
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Jvn vest			4	0	27	1	14	0	3
Brøvn	1	1			7	1	4	0	5
Jvn øst	53	1	21	1			14	1	
E6	11	0	3	2	6	0			

Til:	Jonsvannsveien vest		Brøsetvegen		Jonsvannsveien øst		E6 Rampe		08:25
Fra:	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Lette	Tunge	Fotgjengere
Jvn vest			5	0	14	1	17	1	6
Brøvn	4	0			10	0	8	0	9
Jvn øst	41	1	17	0			22	2	
E6	17	0	4	0	8	1			

## Vedlegg 6: Test av parametere, kølengder for Nidarvoll

Mean Queue - Kølengder						
Bratsbergvegen nord						
	Original	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5
15:40:00	0,05 (0,07)	0,05 (0,05)	0,03 (0,05)	0,02 (0,03)	0,03 (0,05)	0,02 (0,03)
15:50:00	0,17 (0,15)	0,12 (0,13)	0,07 (0,06)	0,07 (0,06)	0,10 (0,10)	0,10 (0,10)
16:00:00	0,36 (0,29)	0,28 (0,22)	0,23 (0,21)	0,25 (0,20)	0,31 (0,22)	0,19 (0,15)
16:10:00	0,21 (0,15)	0,14 (0,12)	0,11 (0,12)	0,12 (0,13)	0,15 (0,13)	0,14 (0,12)
16:20:00	0,17 (0,10)	0,17 (0,17)	0,11 (0,12)	0,11 (0,13)	0,18 (0,17)	0,14 (0,12)
16:30:00	0,54 (0,30)	0,43 (0,26)	0,33 (0,24)	0,30 (0,23)	0,41 (0,28)	0,31 (0,28)
Agg.	0,25	0,2	0,15	0,14	0,2	0,15

Sluppenvegen						
	Original	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5
15:40:00	0,14 (0,21)	0,26 (0,46)	0,13 (0,14)	0,14 (0,17)	0,14 (0,19)	0,18 (0,24)
15:50:00	1,63 (1,34)	2,10 (2,32)	1,97 (1,61)	1,91 (1,65)	1,86 (1,55)	1,89 (1,64)
16:00:00	1,67 (2,05)	3,01 (5,60)	2,60 (2,90)	2,56 (2,92)	2,43 (2,90)	2,48 (3,50)
16:10:00	2,69 (2,38)	3,99 (5,06)	3,65 (3,63)	3,96 (3,95)	3,77 (3,70)	3,84 (4,56)
16:20:00	3,03 (3,26)	5,16 (6,27)	5,05 (4,06)	4,91 (3,70)	5,34 (4,88)	4,94 (5,39)
16:30:00	17,86 (9,77)	25,48 (11,50)	28,17 (11,10)	27,27 (10,60)	26,96 (11,73)	26,68 (9,90)
Agg.	4,5	6,67	6,93	6,79	6,75	6,67

Bratsbergvegen sør						
	Original	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5
15:40:00	0,27 (0,48)	0,25 (0,47)	0,12 (0,20)	0,13 (0,20)	0,12 (0,18)	0,12 (0,14)
15:50:00	0,67 (0,99)	0,41 (0,53)	0,21 (0,22)	0,21 (0,22)	0,22 (0,20)	0,21 (0,29)
16:00:00	0,79 (0,88)	0,27 (0,33)	0,25 (0,36)	0,25 (0,36)	0,19 (0,29)	0,17 (0,21)
16:10:00	2,49 (2,04)	1,15 (0,98)	0,60 (0,63)	0,59 (0,61)	0,65 (0,62)	0,51 (0,72)
16:20:00	7,84 (3,45)	6,07 (3,30)	3,62 (2,68)	3,53 (2,70)	3,51 (2,68)	3,05 (2,26)
16:30:00	10,33 (4,03)	5,09 (3,59)	2,72 (2,64)	2,68 (2,74)	2,71 (2,56)	1,97 (1,96)
Agg.	3,73	2,21	1,25	1,23	1,23	1



## Vedlegg 7: Test av parametere, avviklet trafikkmengde Nidarvoll

Count - Avviklet trafikkmengde						
Bratsbergvegen nord						
	Original	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5
15:40:00	126,40 (12,23)	130,36 (12,28)	130,26 (11,51)	130,22 (11,34)	130,72 (12,14)	130,98 (9,68)
15:50:00	162,36 (13,03)	163,94 (13,87)	160,98 (12,52)	161,20 (11,49)	159,74 (11,77)	159,50 (12,16)
16:00:00	175,66 (16,94)	174,80 (11,04)	179,12 (11,82)	179,82 (12,01)	179,32 (11,91)	174,48 (13,57)
16:10:00	171,00 (13,82)	169,98 (14,64)	169,04 (13,19)	169,14 (13,57)	169,32 (12,85)	168,88 (14,52)
16:20:00	183,54 (13,88)	182,24 (13,01)	185,26 (13,30)	184,76 (12,37)	183,64 (12,40)	183,62 (10,94)
16:30:00	195,90 (11,80)	195,20 (15,24)	199,42 (16,42)	199,06 (14,80)	198,62 (15,64)	198,94 (14,41)
Aggregated	1014,86	1016,52	1024,08	1024,2	1021,36	1016,4

Sluppenvegen						
	Original	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5
15:40:00	76,14 (8,69)	75,58 (8,46)	77,06 (8,27)	76,16 (8,03)	75,58 (7,71)	75,54 (8,82)
15:50:00	96,78 (9,45)	96,06 (8,62)	96,44 (8,22)	95,68 (8,23)	95,94 (7,79)	96,54 (9,06)
16:00:00	81,06 (9,95)	80,84 (12,31)	81,44 (9,28)	81,28 (8,77)	80,56 (8,48)	82,40 (8,64)
16:10:00	107,04 (9,87)	107,62 (10,76)	107,34 (9,83)	106,80 (9,72)	106,50 (9,74)	106,56 (10,21)
16:20:00	89,60 (8,82)	90,70 (13,20)	88,70 (8,82)	88,56 (8,60)	89,50 (8,40)	88,88 (9,33)
16:30:00	98,94 (10,36)	94,40 (13,42)	91,88 (14,30)	92,10 (14,47)	93,08 (14,70)	90,64 (13,08)
Aggregated	549,56	545,2	542,86	540,58	541,16	540,56

Bratsbergvegen sør						
	Original	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5
15:40:00	99,84 (9,53)	99,64 (11,07)	96,14 (8,80)	96,78 (8,70)	96,16 (8,81)	100,54 (11,66)
15:50:00	105,52 (9,30)	104,64 (8,74)	106,08 (9,48)	106,24 (9,62)	105,80 (9,56)	104,46 (11,60)
16:00:00	110,28 (12,91)	109,28 (10,57)	109,50 (9,78)	110,20 (8,56)	110,40 (8,72)	109,56 (10,82)
16:10:00	105,82 (10,24)	105,90 (7,57)	106,36 (9,86)	106,94 (9,80)	106,48 (9,07)	105,12 (8,67)
16:20:00	124,42 (12,06)	132,26 (12,51)	139,18 (8,81)	138,16 (9,48)	138,04 (7,33)	137,18 (9,19)
16:30:00	134,14 (10,62)	137,72 (14,80)	134,12 (10,69)	133,02 (12,52)	133,40 (11,48)	129,12 (12,54)
Aggregated	680,02	689,44	691,38	691,34	690,28	685,98





## Vedlegg 8: Test av parametere, kølengder for Moholt

Mean Queue - Kølengder									
Jonsvannsveien vest									
	Original	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8
07:40	9,54 (4,05)	8,90 (3,84)	6,47 (3,44)	4,79 (2,21)	5,17 (2,47)	5,14 (2,24)	4,97 (2,57)	5,34 (2,46)	5,26 (2,61)
07:50	3,36 (3,36)	2,38 (2,31)	0,68 (0,89)	0,59 (1,25)	0,37 (0,40)	0,46 (0,61)	0,47 (0,59)	0,37 (0,51)	0,42 (0,58)
08:00	1,70 (2,06)	1,00 (1,30)	0,39 (0,51)	0,79 (3,23)	0,34 (0,44)	0,28 (0,29)	0,23 (0,22)	0,48 (0,69)	0,25 (0,31)
08:10	6,99 (3,85)	6,38 (4,00)	2,86 (2,58)	2,62 (3,62)	1,69 (1,63)	1,85 (1,68)	2,18 (2,04)	2,26 (2,19)	1,89 (2,08)
08:20	12,05 (4,75)	11,52 (4,99)	6,23 (4,35)	5,12 (4,76)	3,78 (3,17)	4,60 (3,97)	4,13 (4,10)	4,99 (4,01)	3,21 (3,32)
08:30	5,03 (4,76)	5,73 (4,64)	1,17 (1,60)	0,89 (3,23)	0,50 (0,71)	0,61 (0,99)	0,41 (0,43)	0,53 (1,29)	0,72 (1,32)
Agg.	6,45	5,99	2,97	2,47	1,98	2,16	2,07	2,33	1,96

Brøsetvegen									
	Original	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8
07:40	3,98 (2,14)	3,43 (2,12)	2,87 (1,60)	2,51 (1,35)	2,82 (1,60)	2,55 (1,08)	2,40 (1,57)	2,33 (1,44)	2,27 (1,26)
07:50	2,24 (1,88)	2,37 (2,44)	1,96 (2,10)	1,84 (1,99)	1,48 (1,87)	0,98 (1,24)	1,53 (1,60)	1,45 (1,66)	1,23 (1,35)
08:00	0,36 (0,39)	0,24 (0,29)	0,22 (0,26)	0,45 (1,70)	0,19 (0,29)	0,16 (0,25)	0,21 (0,41)	0,17 (0,14)	0,18 (0,26)
08:10	0,93 (0,95)	0,69 (0,69)	0,44 (0,35)	0,66 (1,70)	0,40 (0,43)	0,62 (0,81)	0,36 (0,35)	0,43 (0,42)	0,44 (0,49)
08:20	1,86 (2,10)	2,20 (2,23)	1,63 (1,82)	1,29 (1,93)	0,83 (1,07)	1,18 (1,66)	1,09 (1,38)	1,00 (1,21)	0,89 (1,23)
08:30	0,46 (0,63)	0,45 (0,61)	0,38 (0,51)	0,45 (1,68)	0,27 (0,48)	0,19 (0,29)	0,27 (0,32)	0,19 (0,24)	0,20 (0,25)
Agg.	1,64	1,56	1,25	1,2	1	0,95	0,98	0,93	0,87

Jonsvannsveien øst, felt 1									
	Original	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8
07:40	0,90 (0,61)	1,30 (0,75)	1,39 (0,82)	1,37 (0,92)	1,53 (0,98)	1,58 (1,01)	1,58 (0,99)	1,74 (1,07)	1,79 (1,18)
07:50	0,49 (0,33)	0,59 (0,48)	0,58 (0,32)	0,79 (1,87)	0,59 (0,34)	0,60 (0,44)	0,59 (0,40)	0,54 (0,26)	0,53 (0,35)
08:00	0,32 (0,19)	0,38 (0,32)	0,38 (0,23)	0,84 (3,21)	0,31 (0,16)	0,43 (0,25)	0,34 (0,19)	0,30 (0,18)	0,47 (0,42)
08:10	0,40 (0,31)	0,47 (0,30)	0,46 (0,28)	1,11 (3,20)	0,49 (0,35)	0,52 (0,35)	0,51 (0,40)	0,54 (0,41)	0,53 (0,34)
08:20	0,14 (0,10)	0,18 (0,13)	0,23 (0,15)	0,70 (3,22)	0,17 (0,12)	0,24 (0,17)	0,22 (0,14)	0,19 (0,17)	0,22 (0,17)
08:30	0,18 (0,14)	0,24 (0,26)	0,21 (0,19)	0,64 (3,23)	0,17 (0,16)	0,23 (0,19)	0,20 (0,14)	0,21 (0,18)	0,21 (0,17)
Agg.	0,4	0,53	0,54	0,91	0,54	0,6	0,57	0,59	0,63

<b>Jonsvannsveien øst, felt 2</b>									
	Original	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8
07:40	3,16 (0,87)	3,83 (1,00)	3,92 (1,05)	3,93 (1,34)	4,03 (1,31)	4,07 (1,40)	4,16 (1,39)	4,27 (1,35)	4,39 (1,52)
07:50	3,20 (0,72)	3,40 (0,89)	3,32 (0,70)	3,64 (2,17)	3,50 (0,70)	3,46 (0,79)	3,52 (1,03)	3,42 (0,70)	3,33 (0,75)
08:00	2,82 (0,58)	3,05 (0,75)	3,00 (0,72)	3,43 (3,60)	2,84 (0,68)	3,13 (0,71)	2,88 (0,54)	2,80 (0,71)	3,18 (0,95)
08:10	2,68 (0,62)	2,80 (0,64)	2,89 (0,63)	3,64 (3,60)	2,98 (0,72)	2,85 (0,70)	2,91 (0,64)	3,01 (0,78)	2,98 (0,72)
08:20	1,83 (0,37)	2,01 (0,48)	2,10 (0,51)	2,70 (3,70)	1,90 (0,46)	2,20 (0,50)	2,11 (0,51)	2,06 (0,49)	2,17 (0,52)
08:30	1,82 (0,67)	1,94 (0,62)	1,88 (0,59)	2,53 (3,71)	1,77 (0,63)	2,07 (0,67)	1,91 (0,58)	1,93 (0,64)	1,92 (0,59)
Agg.	2,59	2,84	2,85	3,31	2,84	2,96	2,92	2,91	3

<b>Rampe E6</b>									
	Original	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8
07:40	0,72 (0,28)	0,81 (0,27)	0,87 (0,27)	0,90 (0,35)	0,66 (0,23)	0,60 (0,25)	0,63 (0,26)	0,62 (0,25)	0,66 (0,23)
07:50	0,34 (0,17)	0,33 (0,18)	0,28 (0,13)	0,31 (0,39)	0,16 (0,08)	0,19 (0,12)	0,17 (0,08)	0,14 (0,06)	0,16 (0,08)
08:00	0,43 (0,19)	0,41 (0,19)	0,37 (0,18)	0,53 (0,68)	0,26 (0,11)	0,27 (0,13)	0,27 (0,14)	0,27 (0,13)	0,24 (0,09)
08:10	0,40 (0,23)	0,39 (0,14)	0,40 (0,22)	0,49 (0,68)	0,24 (0,13)	0,25 (0,15)	0,24 (0,08)	0,27 (0,12)	0,25 (0,10)
08:20	0,27 (0,13)	0,25 (0,10)	0,30 (0,13)	0,39 (0,68)	0,17 (0,08)	0,18 (0,08)	0,19 (0,13)	0,16 (0,07)	0,18 (0,10)
08:30	0,37 (0,17)	0,39 (0,24)	0,33 (0,20)	0,38 (0,68)	0,19 (0,09)	0,22 (0,13)	0,17 (0,08)	0,22 (0,09)	0,18 (0,10)
Agg.	0,42	0,43	0,43	0,5	0,28	0,29	0,28	0,28	0,28

## Vedlegg 9: Test av parametere, avviklet trafikkmengde Moholt

Count - Avviklet trafikkmengde									
Jonsvannsveien vest									
	Original	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8
07:40	98,00 (9,22)	100,36 (7,59)	103,72 (8,56)	103,40 (8,37)	104,60 (8,82)	102,42 (8,68)	103,54 (8,89)	104,66 (7,80)	103,87 (10,66)
07:50	103,12 (11,70)	102,80 (11,17)	99,44 (10,53)	97,50 (11,21)	99,44 (10,45)	99,80 (8,24)	98,96 (9,25)	96,46 (10,23)	97,92 (9,49)
08:00	109,40 (9,77)	109,96 (8,08)	110,82 (8,44)	105,30 (18,86)	111,12 (11,19)	109,44 (7,66)	107,56 (11,00)	111,32 (12,74)	112,08 (9,88)
08:10	93,12 (9,20)	95,58 (10,86)	102,46 (9,84)	100,96 (17,35)	104,26 (11,48)	102,78 (9,90)	101,62 (8,54)	101,34 (10,50)	102,70 (9,99)
08:20	92,20 (14,88)	87,42 (12,05)	92,80 (11,22)	87,38 (15,92)	92,58 (9,65)	91,60 (9,99)	88,50 (10,66)	92,40 (10,63)	91,70 (10,22)
08:30	100,68 (13,80)	102,00 (15,16)	94,66 (11,66)	88,56 (15,75)	88,92 (9,76)	91,76 (10,51)	90,74 (9,84)	91,18 (10,31)	90,22 (9,28)
Agg.	596,52	598,12	603,9	583,1	600,92	597,8	590,92	597,36	598,48

Brøsetvegen									
	Original	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8
07:40	62,80 (6,26)	61,30 (6,40)	62,52 (7,16)	63,14 (7,11)	62,08 (7,74)	64,76 (6,76)	62,98 (7,47)	63,18 (7,89)	63,18 (7,93)
07:50	40,18 (6,90)	40,30 (7,57)	40,16 (7,56)	39,34 (7,82)	38,08 (6,64)	37,64 (6,17)	39,02 (6,93)	40,22 (6,32)	38,92 (7,03)
08:00	45,42 (6,35)	45,32 (6,14)	45,96 (6,51)	43,42 (9,82)	46,00 (6,96)	45,36 (6,46)	43,56 (7,13)	48,00 (7,14)	45,03 (6,32)
08:10	44,74 (5,94)	44,80 (6,85)	44,78 (7,22)	43,18 (8,51)	44,78 (5,38)	44,42 (6,71)	44,72 (6,07)	44,06 (6,22)	45,17 (6,56)
08:20	37,50 (5,37)	39,76 (5,17)	39,70 (6,23)	37,74 (8,31)	36,82 (5,68)	38,14 (7,78)	38,12 (7,09)	37,42 (6,02)	38,20 (7,92)
08:30	38,52 (5,97)	38,96 (5,57)	38,82 (5,66)	37,16 (7,94)	39,94 (6,13)	37,02 (6,13)	37,76 (5,78)	38,28 (4,94)	39,15 (6,50)
Agg.	269,16	270,44	271,94	263,98	267,7	267,34	266,16	271,16	269,65

Jonsvannsveien øst									
	Original	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8
07:40	227,74 (10,99)	224,10 (10,09)	223,20 (9,87)	224,78 (11,15)	224,36 (10,71)	226,92 (10,66)	224,20 (10,40)	224,70 (9,60)	222,85 (10,03)
07:50	226,30 (7,85)	223,78 (9,43)	224,34 (7,80)	221,14 (22,96)	222,34 (7,63)	223,64 (8,98)	223,28 (10,57)	222,34 (8,50)	224,52 (10,03)
08:00	231,58 (7,56)	231,10 (9,70)	230,48 (9,75)	226,24 (33,99)	232,30 (12,24)	228,66 (9,02)	231,74 (9,26)	232,54 (10,45)	229,55 (11,35)
08:10	234,72 (9,48)	233,76 (9,48)	232,20 (9,35)	226,78 (33,97)	232,32 (8,72)	234,80 (10,26)	233,38 (8,62)	232,28 (10,75)	231,50 (9,31)
08:20	243,22 (14,77)	244,72 (9,67)	242,98 (9,59)	237,86 (35,92)	244,32 (11,01)	240,70 (9,06)	244,10 (10,84)	240,78 (10,74)	241,68 (9,80)
08:30	229,62 (22,43)	229,38 (22,52)	233,44 (23,58)	232,54 (38,65)	230,06 (24,72)	234,14 (17,33)	233,28 (22,84)	225,76 (22,29)	232,58 (21,86)
Agg.	1393,18	1386,84	1386,64	1369,34	1385,7	1388,86	1389,98	1378,4	1382,68

<b>Rampe E6</b>									
	Original	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8
07:40	60,98 (7,61)	63,52 (7,97)	63,48 (8,24)	62,32 (8,79)	64,12 (8,46)	62,12 (7,57)	62,32 (8,86)	62,76 (8,13)	62,93 (8,39)
07:50	55,30 (8,85)	53,94 (6,85)	54,02 (6,85)	53,68 (8,46)	55,28 (8,26)	54,22 (7,37)	54,32 (7,21)	55,36 (6,38)	53,87 (7,56)
08:00	63,80 (9,12)	61,98 (8,57)	61,56 (8,01)	63,22 (11,43)	62,52 (7,51)	63,54 (6,63)	64,70 (7,14)	61,76 (7,99)	62,70 (8,63)
08:10	53,60 (9,24)	53,62 (6,35)	53,78 (6,67)	51,44 (10,66)	53,24 (6,77)	52,58 (8,68)	52,40 (7,48)	54,56 (7,70)	54,43 (6,18)
08:20	48,90 (6,16)	50,58 (5,80)	50,44 (5,37)	49,64 (10,19)	49,10 (6,97)	52,34 (6,93)	50,58 (7,10)	50,58 (6,14)	51,60 (6,27)
08:30	46,02 (6,69)	43,62 (6,59)	43,90 (6,62)	42,76 (8,88)	44,62 (6,24)	46,68 (7,72)	43,62 (6,33)	46,54 (6,98)	45,23 (7,09)
Agg.	328,6	327,26	327,18	323,06	328,88	331,48	327,94	331,56	330,77