

Nye ideer for prioritering av kollektivtransport

En mulighetsstudie av Rv. 80 Hunstadmoen -
Skeid

Lars Jørgen Sandvik

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: juni 2017

Hovedveileder: Arvid Aakre, IBM

Medveileder: Hans Richardsen, Statens Vegvesen

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for bygg- og miljøteknikk



Oppgavens tittel: Nye ideer for prioritering av kollektivtransport New ideas for public transport prioritisation	Dato: 11.06.2017		
	Antall sider (inkl. bilag): 322		
	Masteroppgave	X	Prosjektoppgave
Navn: Lars Jørgen Sandvik			
Faglærer/veileder: Amanuensis Arvid Aakre, Trafikkteknisk senter ved NTNU			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Hans Richardsen, Statens vegvesen			

Ekstrakt:

Denne masteroppgaven er skrevet i to deler der del I er en prosessrapport og del II er en vitenskapelig artikkel. Oppgaven er en konseptutredning av vegstrekningen Hunstadmoen – Skeid, langs Rv.80 i Bodø. I 2019 flyttes Rv.80 til Bodøtunellen som blir den nye hovedforbindelsen mellom Hunstadmoen og Skeid. Dette fører til en ny trafikksituasjon på den gamle Rv.80 og dermed nye muligheter her.

Offentlig transport blir stadig viktigere for å håndtere trafikkveksten verden opplever og for å bidra til en bærekraftig fremtid. I Norge er det en politisk målsetning om at trafikkveksten skal tas av andre transportformer enn bil. Det betyr at forholdene for miljøvennlige transportformer som buss, sykkel og gange må utbedres. Dette arbeidet er fokusert på prioritert fremkommelighet for buss, fordi denne transportformen evner best å konkurrere med biler. Formålet med denne oppgaven er å utvikle nytenkende kollektivprioriterende kryss- og vegsystemløsninger som er realiserbare i praksis.

I dette arbeidet har forskningsmetodene vært litteraturstudie, datainnsamling, konseptutredning og trafikksimulering. Litteraturstudien er utført for å lære om kollektivprioritering i Norge og ute i verden i dag. I datainnsamlingen ble det innhentet kvantitative trafikkdata for caseområdet. Dataene er brukt til å estimere en fremtidig trafikksituasjon som er grunnlaget for trafikksimuleringene i dette arbeidet. Konseptutredningen har foregått gjennom skissering og trafikkmodellering av aktuelle konsepter for casestrekningen. De resulterende konseptene er videre simulert ved bruk av trafikksimuleringsprogrammene Aimsun og SIDRA INTERSECTION.

Arbeidet har resultert i 12 forskjellige konsepter for casestrekningen. Resultatene for hvert av konseptene består av betraktninger om effekt på trafikkavviklingen og gjennomførbarhet med tanke på trafiksikkerhet. Lovende nye løsninger som presenteres er Avlang rundkjøring (The Roundalong), Snukryss (The Turnabout), Ett midtstilt toveis kollektivfelt og Signalregulert Avlang rundkjøring med midtstilt toveis kollektivfelt (Signalised Roundalong). På bakgrunn av dette arbeidet anbefales de mest lovende konseptene i dette arbeidet for casestrekningen og for generell bruk andre steder.

Stikkord:

- | |
|--|
| 1. Kollektivtransportprioritering |
| 2. Konseptutredning |
| 3. Trafikkmodellering (SIDRA INTERSECTION, Aimsun) |
| 4. Trafikkavvikling |

Lars Jørgen Sandvik

(sign.)

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet i emnet TBA4940 Veg av Lars Jørgen Sandvik ved institutt for bygg, anlegg og transport ved Norges Teknisk Naturvitenskapelige Universitet NTNU, våren 2017. Den har en arbeidsbelastning på 30 studiepoeng og er avsluttende oppgave for det femårige sivilingeniørprogrammet bygg- og miljøteknikk.

Arbeidet med denne oppgaven startet med prosjektoppgave om prioritering av miljøvennlig transport, høsten 2016. Dette arbeidet fortsatte våren 2017 med hovedfokus på prioritering av kollektivtransport på vegstreknings og i vegkryss. Arbeidet består av to deler. Del I er en prosessrapport etter mal av en tradisjonell masteroppgave. Rapporten er skrevet i ShareLaTeX. Alle kildehenvisninger og kapittel-/figur-/tabellnummer er hurtiglinker i den elektroniske versjonen. Del II er en vitenskapelig artikkel som er forfattet som en kort versjon av prosessrapportens mest interessante innhold. Den vitenskapelige artikkelen er akseptert til konferansen Trafikdage på Aalborg Universitet i Danmark og vil sendes inn til konferansen.

Jeg vil takke Svein Ersvik i Statens vegvesen og Ole Wiggo Nerva i Bypakke Bodø, for muligheten til å skrive oppgaven for Statens vegvesen Region nord. Statens vegvesen har bidratt til denne oppgaven med kontorplass i Bodø, datamaskin, grunnlagsdata og veiledning. Jeg vil videre takke Hans Richardsen og Øyvind Wasmuth i Statens vegvesen for deres tilgjengelighet og gode innspill i deres eksterne veilederroller. Det rettes også en takk til Lars Christensen (SVV), Pål Jøran Digernes (SVV), Remi Andorsen (Nordland fylkeskommune) og Erlend Aakre (NTNU), for deres bidrag. Det rettes en stor takk til hovedveileder ved NTNU, Arvid Aakre. Arvid har gjennom hele prosessen bidratt med sin oppmuntrende holdning, tilgjengelighet, reflekterte innspill, gode tips om aktuell faglitteratur og gode råd til denne masteroppgaven. Sist men ikke minst vil jeg takke Maria, min samboer for uvurderlig korrekturlesing og hennes overbærenhet med meg i denne prosessen.

Lars Jørgen Sandvik Trondheim, juni 2017

Sammendrag

Denne masteroppgaven er skrevet i to deler. Del I er en prosessrapport etter mal av en tradisjonell masteroppgave og del II er en vitenskapelig artikkel som presenterer de mest interessante resultatene fra prosessrapporten.

Offentlig transport blir stadig viktigere for å håndtere trafikkveksten verden opplever og for å bidra til en bærekraftig fremtid. I Norge er det en politisk målsetning om at trafikkveksten skal tas av andre transportformer enn bil. Det betyr at forholdene for miljøvennlige transportformer som buss, sykkel og gange må utbedres. Dette arbeidet har derfor fokusert på prioritert fremkommelighet for kollektivtransport, ettersom denne transportformen er best egnet til å konkurrere med biler. Dette er gjort ved å undersøke innovative løsninger som favoriserer buss, gjennom fysisk utforming og intelligente transportsystemer. Formålet med denne oppgaven er å utvikle nytenkende kollektivprioriterende kryss- og vegsystemløsninger som er realiserbare i praksis. Det er arbeidet ut fra problemstillingen: *Hvordan kan kollektivtrafikk få førsteprioritet i vegkryss?*

Arbeidet er utført som en casestudie basert på vegstrekningen Hunstadmoen - Skeid langs Rv.80 i Bodø, Norge. Denne strekningen er ca. 2,5 km lang, består av tre rushtidsregulerte kjørefelt, har to vegkryss og er utsatt for daglig trafikk på opptil 31 000 ÅDT. Dette utgjør caseområdet som skal utredes. I 2019 vil en ny tunnel gjennom området stå ferdig. Tunnelen er beregnet til å overta opptil 2/3 av trafikken fra den eksisterende vegen. Dette gir en fremtidig trafikksituasjon som frigjør veikapasitet og gir mange nye muligheter for casestrekningen.

I dette arbeidet har forskningsmetodene vært litteraturstudie, datainnsamling, konseptutredning og trafikksimulering. Litteraturstudien er utført for å lære om kollektivprioritering i Norge og ute i verden i dag. Den har vært viktig for å hente inspirasjon og komme opp med nye løsninger. I datainnsamlingen ble det innhentet kvantitative trafikkdata for caseområdet. Dataene er brukt til å estimere en fremtidig trafikksituasjon som

er grunnlaget for trafikksimuleringene i dette arbeidet. Konseptutredningen har foregått gjennom skissering og trafikmodellering av aktuelle konsepter for casestrekningen og for generell bruk andre steder. De resulterende konseptene er videre simulert ved bruk av trafikksimuleringsprogrammene Aimsun og SIDRA INTERSECTION. Konseptene blir tilslutt diskutert på bakgrunn av simuleringsresultatene og gjennomførbarhet når det gjelder trafikksikkerhet.

Arbeidet har resultert i 12 forskjellige konsepter for casestrekningen. Dette er alle konsepter som svarer på problemstillingen med å utforske ulike måter å gi kollektivtransport førsteprioritet i vegkryss- og i vegsystemer. Dette er både kjente og nye konsepter som alle er modellert i 3D i Aimsun. Et av de nye konseptene er også modellert i SIDRA INTERSECTION. Alle konseptene er evaluert på de samme indikatorene for trafikkavviklingskvalitet. Dette har dannet et felles sammenligningsgrunnlag og dermed mulighet til å anslå hvilke konsepter som er mer lovende enn andre. Enkelte av de nye konseptene har levert meget gode simuleringsresultater. Dette er konseptene Avlang rundkjøring, Snukryss og Signalregulert Avlang rundkjøring. Konseptene virker å ha markant høyere trafikkavviklingskapasitet enn flere av de andre undersøkte konseptene. Arbeidet har også resultert i et konsept der midtre kjørefelt på 3-feltsvegen benyttes som kollektivfelt med kontinuerlig busstrafikk i begge retninger.

På bakgrunn av dette arbeidet anbefales det å gå videre med et av konseptene 2.1 Avlang rundkjøring, 3.2 vanlig rundkjøring eller 4.2 Signalregulert rundkjøring med midtstilte kollektivfelt gjennom sentraløy, for casestrekningen. Dette er fordi disse konseptene leverer gode resultater på trafikkavvikling, relativt til de andre konseptene og anses som de mest gjennomførbare.

Summary

This master thesis consists of two parts. Part I is a process report by template of a traditional master's thesis and part II is a scientific article that presents the most interesting results from the process report.

Public transport is becoming increasingly important to handle the traffic growth the world is experiencing and to contribute to a sustainable future. There is a political objective in Norway that traffic growth should be taken by other means of transport than car. This means that conditions for environmentally friendly means of transport such as buses, bikes and walking must be rectified. This work has therefore focused on prioritised movement for public transport, as this mode of transport is best suited to compete with cars. This has been done by examining innovative solutions that favour bus, through physical design and intelligent transport systems. The purpose of this work is to develop innovative public transport prioritising intersection and road system solutions that are realisable in practice. It is based on the research question: *How can public transport get absolute priority at intersections?*

This work is a case study based on a stretch of road between Hunstadmoen - Skeid along Rv.80 in Bodø, Norway. This stretch is approximately 2.5 km long, consists of three rush hour regulated lanes, has two junctions and it is exposed to daily traffic of up to 31,000 vehicles. This constitutes the case area this work is studying. By year 2019 a new tunnel through the area will be completed. The tunnel will serve up to 2/3 of the traffic that currently travels on the existing road. This provides a future situation that is freeing up road capacity and provides many new opportunities for utilisation of the case area.

The research methods used in this work has been literature study, data collection, concept investigation and traffic simulation. The literature study was conducted to learn about public transport prioritisation in Norway and around the world today. It has been important to get inspiration and come up with new solutions. The data collection gathered

quantitative traffic data for the case area. The data was used to estimate a future traffic situation, which is the basis for the traffic simulations in this work. The concept study was done through sketching and traffic modelling of relevant concepts for the case area and for general use elsewhere. The resulting concepts were simulated using the Aimsun and SIDRA INTERSECTION traffic simulators. The concepts are discussed at the end, based on the simulation results and road safety.

The work has resulted in 12 different concepts for the case area. These are all concepts that answer the research question, by exploring different ways of giving public transport first priority on roads and systems of roads. These are both known and new concepts, all modelled in 3D in Aimsun. One of the new concepts is also modelled in SIDRA INTERSECTION. All concepts are evaluated on the same indicators of traffic quality. This has formed a common comparison basis and thus the ability to estimate which concepts are more promising than others. Some of the new concepts have delivered very good simulation results. These are the concepts of The Roundalong, The Turnabout and The signal regulated Roundalong. The concepts seem to have significantly higher traffic management capacity than several of the other examined concepts. The work has also resulted in a concept where the central lane on the 3-lane road is used as a public transport lane with continuous bus traffic in both directions.

This work recommends proceeding with one of the concepts 2.1 The Roundalong, 3.2 Regular roundabouts or 4.2 Signal regulated roundabout with centralised public transport lanes through the central island, for the case area. This is because these concepts deliver good results on traffic management, relative to the other concepts and is considered to be among the most feasible concepts.

Innhold

Forord	i
Sammendrag	iv
Summary	vi
Figurliste	xxii
Tabelliste	xxiv
Forkortelser	xxv
Fagterminologi	xxvii
DEL I - PROSESSRAPPORT	1
1 Introduksjon	3
1.1 Bakgrunn	3
1.2 Tema	6
1.3 Motivasjon	7
1.4 Arbeidets målsetting	8
1.5 Arbeidets oppbygging	9
2 Metode	11
2.1 Litteraturstudie	11
2.1.1 Litteraturstudium - Del 1	12
2.1.2 Litteraturstudium - Del 2	21
2.2 Kildekritikk	22
2.3 Forsknings spørsmål	23
2.4 Metodevalg	24

2.5	Alternative metoder	25
3	Datainnsamling	27
3.1	Dagens situasjon	27
3.1.1	Personbiler og tungtrafikk	30
3.1.2	Kollektivtrafikk	39
3.1.3	Sykkel	41
3.1.4	Fotgjengere	43
3.1.5	Faseplaner	44
3.1.6	Arealplaner fra Bodø kommune	44
3.1.7	Fra bolig telling	46
3.2	Kildekritikk	46
4	Fremtidssituasjon	47
4.1	Dagens trafikkstrømmer	47
4.2	Trafikkstrømmer ved tunnelåpning	49
4.3	Trafikkvekst	53
4.4	Resultater av fremtidsberegning	55
4.4.1	Personbiler og tungtrafikk	55
4.4.2	Kollektivtrafikk	56
4.4.3	Sykkel og fotgjengere	56
5	Skissefase	57
5.1	Strekningssløsning 1 - Reversibelt kollektivfelt	57
5.2	Strekningssløsning 2 - Snukryss	59
5.3	Kryssløsning 1 - Lysregulert i system med ett kollektivfelt	60
5.4	Holdeplass i kryssområdet	61
5.5	Kryssløsning 2 - Lysregulert med venstresvingende trafikk i sentrum	62
5.6	Kryssløsning 3 - Kø-flytting	63
5.7	Kryssløsning 4 - Rundkjøring med midtstilt kollektivfelt og sidestilte busstopp	64
5.8	Kryssløsning 5 - Rundkjøring med midtstilt kollektivfelt og holdeplass i sentraløy	65
5.9	Sykkelfelt på gangveg	66
5.10	Forkastet	67
6	Trafikkmodellering	69
6.1	Om trafikksimuleringsmodeller	69

6.2	Trafikkmodellering	71
6.2.1	Formulering av formål og omfang	71
6.2.2	Datainnsamling	73
6.2.3	Oppbygging av simuleringsmodell	74
6.2.4	Verifisering	100
6.2.5	Kalibrering	101
6.2.6	Validering	102
6.2.7	Alternativsanalyse	103
6.2.8	Dokumentering	103
6.3	Resultatdata	103
6.3.1	Reisetid	104
6.3.2	Level of service	104
6.3.3	Forsinkelse	106
6.3.4	Max kølengde	106
6.3.5	Stopptid	106
7	Konseptene	107
7.1	Konsept 1 - Ett midtstilt toveis kollektivfelt	108
7.1.1	Konsept 1.1 - Signalregulert kryss med midtstilte kollektivfelt . .	113
7.1.2	Konsept 1.2 - Signalregulert kryss med venstresvingefelt mellom midtstilte kollektivfelt	115
7.1.3	Konsept 1.3 - Signalregulert rundkjøring med midtstilte kollektiv- felt gjennom sentraløy	116
7.2	Konsept 2 - Vikepliktsregulerte kryss	118
7.2.1	Konsept 2.1 - Avlang rundkjøring	119
7.2.2	Konsept 2.2 - Snukryss	123
7.3	Konsept 3 - Konvensjonelle løsninger	127
7.3.1	Konsept 3.1 - Vanlig signalregulerte kryss	127
7.3.2	Konsept 3.2 - Vanlige rundkjøringer	130
7.4	Konsept 4 - Midtstilte kollektivfelt gjennom kryss	132
7.4.1	Konsept 4.1 - Signalregulerte kryss med midtstilte kollektivfelt . .	132
7.4.2	Konsept 4.2 - Signalregulert rundkjøring med midtstilte kollektiv- felt gjennom sentraløy	135
7.4.3	Konsept 4.3 - Signalregulert rundkjøring med holdeplass i sentraløy	137
7.5	Konsept 5 - Kombinasjoner av andre konsepter	141
7.5.1	Konsept 5.1 - Kollektivprioritering i venstre svingefelt	141

7.5.2	Konsept 5.2 - Signalregulert Avlang rundkjøring med midtstilt toveis kollektivfelt	144
8	Resultater	149
8.1	SIDRA INTERSECTION	149
8.2	Aimsun	151
8.3	Aimsun - Replikasjonsresultater for hele modeller	151
8.4	Aimsun - Tidsserier for kryssløsningene	155
8.4.1	Konsept 1.1.1 - Signalregulert kryss med midtstilte kollektivfelt - Uten forenklede fotgjengere	156
8.4.2	Konsept 1.1.2 - Signalregulert kryss med midtstilte kollektivfelt - Med forenklede fotgjengere	159
8.4.3	Konsept 1.2 - Signalregulert kryss med venstresvingefelt mellom midtstilte kollektivfelt	162
8.4.4	Konsept 1.3 - Signalregulert rundkjøring med midtstilte kollektivfelt gjennom sentraløy	165
8.4.5	K2.1.1 - Avlang rundkjøring - Vanlig rundkjøringsregulering av vikepliktighet	168
8.4.6	Konsept 2.1.2 - Avlang rundkjøring - Vanlig høyreregulering	171
8.4.7	Konsept 2.2 - Snukryss	174
8.4.8	Konsept 3.1 - Vanlig signalregulerte kryss	178
8.4.9	Konsept 3.2 - Vanlige rundkjøringer	181
8.4.10	Konsept 4.1 - Signalregulerte kryss med midtstilte kollektivfelt	184
8.4.11	Konsept 4.2 - Signalregulert rundkjøring med midtstilte kollektivfelt gjennom sentraløy	187
8.4.12	Konsept 4.3.1 - Signalregulert rundkjøring med holdeplass i sentraløy - Uten forenklede fotgjengere	190
8.4.13	Konsept 4.3.2 - Signalregulert rundkjøring med holdeplass i sentraløy - Med forenklede fotgjengere	193
8.4.14	Konsept 4.3.3 - Signalregulert rundkjøring med holdeplass i sentraløy - Med forenklede fotgjengere i Grønnåsenkrysset og planskilt løsning i Stille Dal krysset	196
8.4.15	Konsept 5.1 - Kollektivprioritering i venstre svingefelt	199
8.4.16	Konsept 5.2.1 - Signalregulert Avlang rundkjøring med midtstilt toveis kollektivfelt - Vanlig rundkjøringsregulering av vikepliktighet	202

8.4.17	Konsept 5.2.2 - Signalregulert Avlang rundkjøring med midtstilt toveis kollektivfelt - Vanlig høyreregel	205
8.5	Aimsun - Lenkeanalyse	209
9	Diskusjon	211
9.1	Konsept 1 - Ett midtstilt toveis kollektivfelt	211
9.1.1	Konsept 1.1 - Signalregulert kryss med midtstilte kollektivfelt . .	212
9.1.2	Konsept 1.2 - Signalregulert kryss med venstresvingefelt mellom midtstilte kollektivfelt	214
9.1.3	Konsept 1.3 - Signalregulert rundkjøring med midtstilte kollektivfelt gjennom sentraløy	214
9.2	Konsept 2 - Vikepliktsregulerte kryss	215
9.2.1	Konsept 2.1 - Avlang rundkjøring	215
9.2.2	Konsept 2.2 - Snukryss	217
9.3	Konsept 3 - Konvensjonelle løsninger	218
9.3.1	Konsept 3.1 - Vanlig signalregulerte kryss	218
9.3.2	Konsept 3.2 - Vanlige rundkjøringer	219
9.4	Konsept 4 - Midtstilte kollektivfelt gjennom kryss	220
9.4.1	Konsept 4.1 - Signalregulerte kryss med midtstilte kollektivfelt . .	220
9.4.2	Konsept 4.2 - Signalregulert rundkjøring med midtstilte kollektivfelt gjennom sentraløy	221
9.4.3	Konsept 4.3 - Signalregulert rundkjøring med holdeplass i sentraløy	221
9.5	Konsept 5 - Kombinasjoner av andre konsepter	224
9.5.1	Konsept 5.1 - Kollektivprioritering i venstre svingefelt	224
9.5.2	Konsept 5.2 - Signalregulert Avlang rundkjøring med midtstilt toveis kollektivfelt	224
9.6	Gang-/sykkelforhold	226
9.7	Feilkilder i arbeidet	226
10	Konklusjon og anbefalinger	231
11	Videre arbeid	233
12	Avslutning	235
DEL II - VITENSKAPELIG ARTIKKEL		237
Bibliografi		I

Vedlegg	VII
A Oppgavetekst	VIII
B Trafikktellinger	XIII
C Telleskjema	XXI
D Måledata - Skeid 2017	XXII
E Rutekart Salten	XXIV
F Måledata - Skeid 2015	XXV
G Sykkelteller - Skeid 2008 - 2017	XXVI
H Faseplaner dagens kryss	XXVII
I Trafikkvekstprognoser Nordland	XXIX
J Beregnet trafikk, 0 år etter tunnelåpning	XXX

Figurer

1.1	Caseområdet i Bodø, Norge, ortofoto fra vegkart.no, (Vegvesen, 2016c) . . .	4
1.2	Grønnåsenkrysset, Rv. 80, ortofoto fra vegkart.no, (Vegvesen, 2016c) . . .	5
1.3	Stille Dal krysset, Rv. 80, ortofoto fra vegkart.no, (Vegvesen, 2016c) . . .	6
1.4	Personkapasitet for ulike transportformer i forhold til hverandre, (Vegvesen, 2014j)	8
2.1	Re-lokalisering av kø, (Higginson, 1999)	14
2.2	Signalregulert toveis kollektivfelt i Eugene, Oregon, (APTA, 2010)	15
2.3	Reversibelt kollektivfelt, (Vegvesen, 2016a)	16
2.4	Rundkjøring med midtstillt kollektivfelt gjennom sentraløy, (Vegvesen, 2014j)	18
2.5	Illustrasjon av passiv og aktiv signalregulering, (SINTEF, 2009)	18
2.6	Illustrasjon av løkkekjøring, (Institute, 2014)	20
3.1	Bilde av Grønnåsenkrysset tatt på befaring	28
3.2	Bilde av Stille Dal krysset tatt på befaring	28
3.3	Bilde av kjørefeltsreguleringen på 3-feltsvegen tatt på befaring	29
3.4	Reisemiddelfordeling i caseområdet, (Vegvesen, 2017a)	29
3.5	Kameraplassering i Grønnåsenkrysset, (<i>venstre bilde bruker et ortofoto fra vegkart.no (Vegvesen, 2016c) og redigert, høyre bilde er fra befaring</i>) . . .	31
3.6	Kameraplassering i Stille Dal krysset, (<i>venstre bilde bruker et ortofoto fra vegkart.no (Vegvesen, 2016c), høyre bilde er fra befaring</i>)	32
3.7	Svingebevegelser i vegkryss	32
3.8	Målepunkter - Skeid, ortofoto fra vegkart.no, (Vegvesen, 2016c)	33
3.9	Beregning av svingebevegelse 11 og 5 i vegkryssene	34
3.10	Trafikktelling av Grønnåsenkrysset 30.06.2016, 07:00 - 08:00, (Vegvesen, 2016b)	35

3.11	Trafikktelling av Grønnåsenkrysset 30.06.2016, 15:00 - 15:45, (Vegvesen, 2016b)	36
3.12	Grønnåsenkrysset 11.01.2017, 07:00 - 08:30	37
3.13	Grønnåsenkrysset 11.01.2017, 15:00 - 16:30	37
3.14	Stille Dal krysset 12.01.2017, 07:00 - 08:30	38
3.15	Stille Dal krysset 12.01.2017, 15:00 - 16:30	38
3.16	Aktuelle busstopp i denne casen, (<i>ortofoto fra vegkart.no, (Vegvesen, 2016c)</i>)	39
3.17	Telling av sykkeltrafikk Grønnåsenkrysset morgen 11.januar	41
3.18	Telling av sykkeltrafikk Grønnåsenkrysset formiddag 11.januar	42
3.19	Telling av sykkeltrafikk Stille Dal krysset morgen 12.januar	42
3.20	Telling av sykkeltrafikk Stille Dal krysset formiddag 12.januar	43
3.21	Bilde av reguleringsplan for nye boliger i Bodøsjøen, hentet fra Bodø kommune, (kommune, 2017)	44
3.22	Bilde av reguleringsplan for Jensvoll dalen og Svartlia, hentet fra Bodø kommune, (kommune, 2017)	45
3.23	Bilde av reguleringsplan for Stille Dal, hentet fra Bodø kommune, (kommune, 2017)	45
4.1	Caseområde vest, (<i>kartgunnlag fra vegkart.no, (Vegvesen, 2016c)</i>)	48
4.2	Caseområde øst, (<i>kartgunnlag fra vegkart.no, (Vegvesen, 2016c)</i>)	48
4.3	Trafikksituasjon - fordeling av ÅDT mellom tunell og gammel veg, basert på RTM, (Vegvesen, 2017b)	49
4.4	Hunstadkrysset etter tunnelåpning, (Bypakke, 2017)	51
4.5	Øst for caseområdet, (<i>kartgunnlag fra vegkart.no, (Vegvesen, 2016c)</i>)	51
4.6	Trafikk som kjører mot Bodøtunellen, (Vegvesen, 2017b)	52
4.7	Trafikk som kjører mot gamle Rv.80, (Vegvesen, 2017b)	52
5.1	Ett midtstilt kollektivfelt med trafikk i begge retninger	57
5.2	Snukryss i system	59
5.3	Lyskryss med to midtstilte kollektivfelt gjennom	60
5.4	Plassering av holdeplass midt i vegkryss	61
5.5	Venstresving sentralt i kryss	62
5.6	Stansing av andre kjøretøy for å slippe frem buss	63
5.7	Rundkjøring med midtstilt kollektivfelt	64
5.8	Rundkjøring med midtstilt kollektivfelt og sentrert holdeplass	65
5.9	Sykkelfelter langs gangveg	66

5.10	To kollektivfelt og ett rushtidsregulert felt for annen trafikk	68
6.1	Flytskjema av trafikksimuleringsprosessen, (Trafikverket, 2014)	72
6.2	Detaljnivåer i trafikmodellering, (Aakre, 2016 <i>b</i>)	73
6.3	Hovedelementer i en Aimsunmodell	76
6.4	Seksjonsparametere for seksjonstype Arterial road	77
6.5	Svingeparametere for seksjonstype Arterial road	77
6.6	Spesifikke seksjonsinnstillinger for sekundærvegene	78
6.7	Seksjonsparametere for seksjonstype Road	78
6.8	Svingeparametere for seksjonstype Road	79
6.9	Seksjonsparametere for seksjonstype Roundabout	79
6.10	Svingeparametere for seksjonstype Roundabout	80
6.11	Eksempel på node utenfor kryss modellert i Aimsun	80
6.12	T-kryss modellert i Aimsun	81
6.13	Vanlig rundkjøring modellert i Aimsun	82
6.14	Krav til kjørefeltbredde i rundkjøringens sirkulasjonsareal, (Vegvesen, 2013 <i>b</i>)	82
6.15	Snukryss modellert i Aimsun	83
6.16	Sporingsanalyse for snukryss med buss	84
6.17	Sporingsanalyse for snukryss med vogntog	84
6.18	Faseinnstillinger for signalregulert kryss modellert i Aimsun	85
6.19	Bussprioritetsinnstillinger for signalregulert kryss modellert i Aimsun . .	86
6.20	Signalregulert rundkjøring modellert i Aimsun	86
6.21	Signalregulert kryss i konsept 5.2	87
6.22	Beregningsprosess av kjøretøysbevegelser i caseområdet	89
6.23	Fordeling av svingebevegelse 3 i Grønnåsenkrysset, på svingebevegelsene 10 11 og 12 i Stille Dal krysset, utført i excel	90
6.24	OD-matrise, Formiddag etter 20 år, tidsrom 07:15 - 07:20	91
6.25	Navnsetting av nettverkets sentroider	91
6.26	Stille Dal krysset med forgjengere som kjøretøy i fotgjengerovergangene	92
6.27	OD-matrise for myke trafikanter i Stille Dal krysset, tidsrom 07:15 - 08:15	92
6.28	Innstillinger for vikepliktparametere i Aimsun, (TSS, 2016 <i>a</i>)	94
6.29	Dynamic Scenario	94
6.30	Dynamic Scenario	95
6.31	Kjøretøysklasser, volumer og vekstfaktor i SIDRA modellen	97
6.32	Analyseinnstillinger	98
6.33	Faseplan brukt for alle signalregulerte kryss i SIDRA modellen	99

6.34	Innstillinger for signalplanene i SIDRA modellen	99
6.35	Innstillinger for fotgjengere i SIDRA modellen	100
6.36	K4.3 modelert i Sidra	100
6.37	Fremgangsmåte for kalibrering og validering, hentet fra <i>Aimsun User Manual</i> , (TSS, 2016a)	102
6.38	LOS klassifisering - SIDRA INTERSECTION brukermanual, (AkcelikAndAssociates, 2016c). Denne tabellen gjelder også for LOS-gradering i Aimsun (TSS, 2016a).	106
7.1	Gang- og sykkelveger vest for caseområdet, (Bypakke, 2014)	107
7.2	Konsept 1 - Oversikt	108
7.3	3-feltskonsepter - Område 1	110
7.4	3-feltskonsepter - Område 2	110
7.5	3 - feltskonsepter - Område 5	111
7.6	3-feltskonsepter - Område 6 - Ovenfra	111
7.7	3-feltskonsepter - Område 6 - Tverrprofil ved 400 meter i figur 7.8	112
7.8	3-feltskonsepter - Område 6 - Modellert i Novapoint, sett fra øst	112
7.9	Konsept 1.1 - Grønnåsenkrysset ovenfra	113
7.10	Konsept 1.1 - Grønnåsenkrysset 3D, sett fra nord	113
7.11	Konsept 1.1 - Stille Dal krysset ovenfra	114
7.12	Konsept 1.1 - Stille Dal krysset i 3D, med og uten gang-/sykkelbro, sett fra nordøst	114
7.13	Konsept 1.2 - Grønnåsenkrysset ovenfra	115
7.14	Konsept 1.2 - Grønnåsenkrysset, sett fra nordøst	115
7.15	Konsept 1.3 - Grønnåsenkrysset ovenfra	116
7.16	Konsept 1.3 - Grønnåsenkrysset 3D, sett fra nordøst	116
7.17	Konsept 1.3 - Stille Dal krysset ovenfra	117
7.18	Konsept 1.3 - Stille Dal krysset 3D, sett fra nordøst	117
7.19	2-feltskonsepter - Holdeplass Stille Dal	118
7.20	2-feltskonsepter - Holdeplass Skeid	118
7.21	2-feltskonsepter - Område 6 i figur 7.2, sett fra sørøst	119
7.22	Konsept 2.1 - Oversikt	119
7.23	Konsept 2.1.1 - Avlang rundkjøring - Grønnåsenkrysset ovenfra	120
7.24	Konsept 2.1.1 - Avlang rundkjøring - Grønnåsenkrysset 3D, sett fra nordøst	121
7.25	Konsept 2.1.1 - Avlang rundkjøring - Stille Dal krysset ovenfra	121
7.26	Konsept 2.1.1 - Avlang rundkjøring - Stille Dal krysset 3D, sett fra nordøst	122

7.27	Konsept 2.1.2 - Avlang rundkjøring - Høyreregel - Grønnåsenkrysset ovenfra	122
7.28	Konsept 2.1.2 - Avlang rundkjøring - Høyreregel - Stille Dal krysset ovenfra	123
7.29	Konsept 2.2 - Oversikt	123
7.30	Konsept 2.2 - Snukryss vest	124
7.31	Konsept 2.2 - Grønnåsenkrysset ovenfra	124
7.32	Konsept 2.2 - Grønnåsenkrysset 3D, sett fra nord	125
7.33	Konsept 2.2 - Snukryss midt ovenfra	125
7.34	Konsept 2.2 - Snukryss øst ovenfra	126
7.35	Konsept 2.2 - Snukryss øst 3D, sett fra nordøst	126
7.36	Konsept 3.1 - Oversikt	127
7.37	Konsept 3.1 - Grønnåsenkrysset ovenfra	128
7.38	Konsept 3.1 - Grønnåsenkrysset 3D, sett fra nord	128
7.39	Konsept 3.1 - Stille Dal krysset ovenfra	129
7.40	Konsept 3.1 - Stille Dal krysset 3D, sett fra nordvest	129
7.41	Konsept 3.2 - Oversikt	130
7.42	Konsept 3.2 - Grønnåsenkrysset ovenfra	130
7.43	Konsept 3.2 - Grønnåsenkrysset 3D, sett fra nord	131
7.44	Konsept 3.2 - Stille Dal krysset ovenfra	131
7.45	Konsept 3.2 - Stille Dal krysset 3D, sett fra nordvest	132
7.46	Konsept 4.1 - Oversikt	133
7.47	Konsept 4.1 - Grønnåsenkrysset ovenfra	133
7.48	Konsept 4.1 - Stille Dal krysset ovenfra	133
7.49	Konsept 4.1 - Grønnåsenkrysset 3D, sett fra øst	134
7.50	Konsept 4.1 - Stille Dal krysset 3D, sett fra nord	134
7.51	Konsept 4.2 - Oversikt	135
7.52	Konsept 4.2 - Grønnåsenkrysset ovenfra	135
7.53	Konsept 4.2 - Grønnåsenkrysset 3D, sett fra nord	136
7.54	Konsept 4.2 - Stille Dal krysset ovenfra	136
7.55	Konsept 4.2 - Stille Dal krysset 3D, sett fra nord	137
7.56	Konsept 4.3 - Oversikt	138
7.57	Konsept 4.3 - Grønnåsenkrysset ovenfra	138
7.58	Konsept 4.3 - Grønnåsenkrysset 3D, sett fra nord	139
7.59	Konsept 4.3.1 og 4.3.2 - Stille Dal krysset ovenfra	139
7.60	Konsept 4.3.1 og 4.3.2 - Stille Dal krysset 3D, sett fra nordvest	140
7.61	Konsept 4.3.3 - Stille Dal krysset 3D, sett fra nordøst	141

7.62	Konsept 5.1 - Oversikt	141
7.63	Konsept 5.1 - Grønnåsenkrysset ovenfra	142
7.64	Konsept 5.1 - Grønnåsenkrysset 3D, sett fra vest	142
7.65	Konsept 5.1 - Stille Dal krysset ovenfra	143
7.66	Konsept 5.1 - Stille Dal krysset 3D, sett fra nordvest	143
7.67	Konsept 5.2 - Oversikt	144
7.68	Konsept 5.2.1 - Grønnåsenkrysset ovenfra	145
7.69	Konsept 5.2.1 - Grønnåsenkrysset 3D, sett fra nord	145
7.70	Konsept 5.2.1 - Stille Dal krysset ovenfra	146
7.71	Konsept 5.2.1 - Stille Dal krysset 3D, sett fra øst	146
7.72	Konsept 5.2.2 - Grønnåsenkrysset ovenfra	147
7.73	Konsept 5.2.2 - Stille Dal krysset ovenfra	147
8.1	Konsept 4.3.2 - Nettverksresultat - LOS	149
8.2	Konsept 4.3.2 - Nettverksresultat - Kødannelse	150
8.3	Konsept 4.3.2 - Nettverksresultat - Stop Rate	150
8.4	Gjennomsnittlig reisetid [s/km] pr. kjøretøy, fordelt på kjøretøytype . . .	152
8.5	Gjennomsnittlig reisetid [s/km] pr. kjøretøy, fordelt på kjøretøytype . . .	152
8.6	Gjennomsnittlig stopptid [s/km] pr. kjøretøy, fordelt på kjøretøytype . .	153
8.7	Gjennomsnittlig stopptid [s/km] pr. kjøretøy, fordelt på kjøretøytype . .	153
8.8	Gjennomsnittlig forsinkelse [s/km] pr. kjøretøy, fordelt på kjøretøytype .	154
8.9	Gjennomsnittlig forsinkelse [s/km] pr. kjøretøy, fordelt på kjøretøytype .	154
8.10	Navnsetting av seksjonene inn mot kryssene i modellene	155
8.11	K1.1.1 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Formiddag etter 20 år	156
8.12	K1.1.1 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Morgen etter 20 år	156
8.13	K1.1.1 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	156
8.14	K1.1.1 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år	157
8.15	K1.1.1 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år .	157
8.16	K1.1.1 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år . . .	157
8.17	K1.1.1 - Stopptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	158
8.18	K1.1.1 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år	158
8.19	K1.1.2 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Formiddag etter 20 år	159
8.20	K1.1.2 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Morgen etter 20 år	159
8.21	K1.1.2 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	159
8.22	K1.1.2 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år	160
8.23	K1.1.2 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år .	160

8.24	K1.1.2 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år	160
8.25	K1.1.2 - Stopptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	161
8.26	K1.1.2 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år	161
8.27	K1.2 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Formiddag etter 20 år	162
8.28	K1.2 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Morgen etter 20 år	162
8.29	K1.2 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	163
8.30	K1.2 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år	163
8.31	K1.2 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år . .	163
8.32	K1.2 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år	164
8.33	K1.2 - Stopptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	164
8.34	K1.2 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år	164
8.35	K1.3 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Formiddag etter 20 år	165
8.36	K1.3 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Morgen etter 20 år	165
8.37	K1.3 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	166
8.38	K1.3 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år	166
8.39	K1.3 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år . .	166
8.40	K1.3 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år	167
8.41	K1.3 - Stopptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	167
8.42	K1.3 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år	167
8.43	K2.1.1 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Formiddag etter 20 år	168
8.44	K2.1.1 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Morgen etter 20 år	169
8.45	K2.1.1 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	169
8.46	K2.1.1 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år	169
8.47	K2.1.1 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år .	170
8.48	K2.1.1 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år . . .	170
8.49	K2.1.1 - Stopptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	170
8.50	K2.1.1 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år	171
8.51	K2.1.2 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Formiddag etter 20 år	171
8.52	K2.1.2 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Morgen etter 20 år	172
8.53	K2.1.2 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	172
8.54	K2.1.2 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år	172
8.55	K2.1.2 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år .	173
8.56	K2.1.2 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år . . .	173
8.57	K2.1.2 - Stopptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	173
8.58	K2.1.2 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år	174

8.59	K2.2 - Seksjonenes navnsetting	174
8.60	K2.2 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Formiddag etter 20 år	175
8.61	K2.2 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Morgen etter 20 år	175
8.62	K2.2 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	175
8.63	K2.2 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år	176
8.64	K2.2 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år	176
8.65	K2.2 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år	176
8.66	K2.2 - Stopptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	177
8.67	K2.2 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år	177
8.68	K3.1 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Formiddag etter 20 år	178
8.69	K3.1 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Morgen etter 20 år	178
8.70	K3.1 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	178
8.71	K3.1 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år	179
8.72	K3.1 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år	179
8.73	K3.1 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år	179
8.74	K3.1 - Stopptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	180
8.75	K3.1 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år	180
8.76	K3.2 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Formiddag etter 20 år	181
8.77	K3.2 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Morgen etter 20 år	181
8.78	K3.2 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	181
8.79	K3.2 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år	182
8.80	K3.2 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år	182
8.81	K3.2 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år	182
8.82	K3.2 - Stopptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	183
8.83	K3.2 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år	183
8.84	K4.1 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Formiddag etter 20 år	184
8.85	K4.1 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Morgen etter 20 år	184
8.86	K4.1 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	185
8.87	K4.1 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år	185
8.88	K4.1 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år	185
8.89	K4.1 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år	186
8.90	K4.1 - Stopptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	186
8.91	K4.1 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år	186
8.92	K4.2 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Formiddag etter 20 år	187
8.93	K4.2 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Morgen etter 20 år	187

8.94	K4.2 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	188
8.95	K4.2 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år	188
8.96	K4.2 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år . . .	188
8.97	K4.2 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år	189
8.98	K4.2 - Stopptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	189
8.99	K4.2 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år	189
8.100	K4.3.1 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Formiddag etter 20 år	190
8.101	K4.3.1 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Morgen etter 20 år	190
8.102	K4.3.1 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	191
8.103	K4.3.1 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år	191
8.104	K4.3.1 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år .	191
8.105	K4.3.1 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år . . .	192
8.106	K4.3.1 - Stopptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	192
8.107	K4.3.1 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år	192
8.108	K4.3.2 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Formiddag etter 20 år	193
8.109	K4.3.2 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Morgen etter 20 år	193
8.110	K4.3.2 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	194
8.111	K4.3.2 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år	194
8.112	K4.3.2 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år .	194
8.113	K4.3.2 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år . . .	195
8.114	K4.3.2 - Stopptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	195
8.115	K4.3.2 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år	195
8.116	Konsept 4.3.2 - Kødannelse mellom Grønnåsen- og Stille Dal krysset . . .	196
8.117	K4.3.3 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Formiddag etter 20 år	196
8.118	K4.3.3 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Morgen etter 20 år	197
8.119	K4.3.3 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	197
8.120	K4.3.3 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år	197
8.121	K4.3.3 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år .	198
8.122	K4.3.3 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år . . .	198
8.123	K4.3.3 - Stopptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	198
8.124	K4.3.3 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år	199
8.125	K5.1 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Formiddag etter 20 år	199
8.126	K5.1 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Morgen etter 20 år	200
8.127	K5.1 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	200
8.128	K5.1 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år	200

8.129K5.1 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år . . .	201
8.130K5.1 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år	201
8.131K5.1 - Stopptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	201
8.132K5.1 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år	202
8.133K5.2.1 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Formiddag etter 20 år	202
8.134K5.2.1 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Morgen etter 20 år	203
8.135K5.2.1 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	203
8.136K5.2.1 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år	203
8.137K5.2.1 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år . .	204
8.138K5.2.1 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år	204
8.139K5.2.1 - Stopptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	204
8.140K5.2.1 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år	205
8.141K5.2.2 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Formiddag etter 20 år	205
8.142K5.2.2 - Seksjonenes <i>Level of service</i> - Morgen etter 20 år	206
8.143K5.2.2 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	206
8.144K5.2.2 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år	206
8.145K5.2.2 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år . .	207
8.146K5.2.2 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år	207
8.147K5.2.2 - Stopptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år	207
8.148K5.2.2 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år	208
8.149Lenkeanalyse del 1	209
8.150Lenkeanalyse del 2	210
C.1 Telleskjema, Statens Vegvesen	XXI
D.1 11 januar 2017, Statens Vegvesen	XXII
D.2 12 januar 2017, Statens Vegvesen	XXIII
D.3 Uke 2, januar 2017, Statens Vegvesen	XXIII
F.1 Trafikktelling september 2015, Statens Vegvesen	XXV
H.1 Faseplan Grønnåsenkrysset, Statens Vegvesen	XXVII
H.2 Fasetider Grønnåsenkrysset, Statens Vegvesen	XXVII
H.3 Faseplan Stille Dal krysset, Statens Vegvesen	XXVIII
H.4 Fasetider Stille Dal krysset, Statens Vegvesen	XXVIII
I.1 Trafikkvekstprognoser for Nordland, hentet fra Statens Vegvesen	XXIX

Tabeller

2.1	Søkeord som har blitt benyttet i dette arbeidet	12
3.1	Sammenligning av trafikk i målepunkt ved Skeid	33
3.2	Telling av kjøretøy i Grønnåsenkrysset 30.juni 2016	36
3.3	Antall busser i tidsintervallet 07:15 - 08:15	40
3.4	Antall busser i tidsintervallet 15:15 - 16:15	41
3.5	Antall busspassasjerer pr. busstopp i caseområdet i 2016, fra NFK	44
3.6	Potensiell ny trafikk i caseområdet fra nye boligfelt i områdene rundt Rv.80	45
4.1	Beregning av trafikkvekstutvikling for lette kjøretøy i Nordland	54
4.2	Antall busser i tidsintervallet 07:15 - 08:15	56
4.3	Antall busser i tidsintervallet 15:15 - 16:15	56
B.1	Trafikktellinger 11.01.2017 - 07:00 - 08:30 - Grønnåsenkrysset, bevegelse 1 - 6	XIII
B.2	Trafikktellinger 07:00 - 08:30 - 11.01.2017 - Grønnåsenkrysset, bevegelse 7 - 12	XIV
B.3	Trafikktellinger 11.01.2017 - 15:00 - 16:30 - Grønnåsenkrysset, bevegelse 1 - 6	XV
B.4	Trafikktellinger 11.01.2017 - 15:00 - 16:30 - Grønnåsenkrysset, bevegelse 7 - 12	XVI
B.5	Trafikktellinger 12.01.2017 - 07:00 - 08:30 - Stille Dal krysset, bevegelse 1 - 6	XVII
B.6	Trafikktellinger 12.01.2017 - 07:00 - 08:30 - Stille Dal krysset, bevegelse 7 - 12	XVIII
B.7	Trafikktellinger 12.01.2017 - 15:00 - 16:30 - Stille Dal krysset, bevegelse 1 - 6	XIX
B.8	Trafikktellinger 12.01.2017 - 15:00 - 16:30 - Stille Dal krysset, bevegelse 7 - 12	XX

G.1	Sykkeltellerdata fra Statens Vegvesen, målepunkt Skeid	XXVI
J.1	Grønnåsenkrysset ved 0 år etter tunnelåpning, 07:15 - 08:15	XXX
J.2	Grønnåsenkrysset ved 0 år etter tunnelåpning, 15:15 - 16:15	XXXI
J.3	Stille Dal krysset ved 0 år etter tunnelåpning, 07:15 - 08:15	XXXI
J.4	Stille Dal krysset ved 0 år etter tunnelåpning, 15:15 - 16:15	XXXII

Forkortelser

Enhet - Markeres med slike klammer []

ÅDT - Årsdøgnstrafikk

Kjt - Kjøretøy.

RTM - Regional transportmodell

RVU - Reisevaneundersøkelse

ITS - Intelligent Transport System

US - United States

DAK/CAD - Dataassistert konstruksjon / Computer Aided Design

GPS - Global Positioning System

Rv. - Riksveg

GIS - Geografiske informasjonssystemer

BRT - Bus Rapid Transit

UTOPIA - Urban Traffic Optimisation by Integrated Automation

HCM - Highway capacity manual

SIDRA - Signalised Intersection Design and Reseach Aid

Aimsun - Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and Non - Urban Networks

Fagterminologi

Fart - Endring av posisjon pr. tidsenhet, vanligvis [km/t] eller [m/s].

Flyt - Flyt eller trafikkvolum oppgis i [kjt/t] og er et mål på trafikkmengde.

Volum - Volum eller trafikkvolum (Trafikketerspørsel), er en betegnelse på trafikkmengde som passerer et snitt av en veg i løpet av en definert tidsperiode og er definert i denne oppgaven som kjøretøy pr. time [kjt/t].

Lett kjøretøy - Kjøretøy med lengde under 5,6 m og totalvekt under 3,5 tonn.

Tungt kjøretøy - Kjøretøy med lengde fra og med 5,6 m og totalvekt fra og med 3,5 tonn.

Tetthet - Tetthet er et mål på hvor mange kjøretøy det er på en bestemt strekning av en veg. Uttrykkes vanligvis som kjøretøy pr. kilometer [kjt/km].

Trafikkbelastning - Det totale antall trafikanter eller kjøretøy som passerer gjennom et bestemt snitt på en veg i løpet av et definert tidsrom.

Trafikkmengde - Trafikkens størrelse i antall kjøretøy.

Kapasitet - Det maksimale antall kjøretøy som kan passere et snitt av et kjørefelt eller en veg i løpet av et gitt tidsrom under eksisterende veg- og trafikkforhold. Uttrykkes vanligvis i kjøretøy pr. time [kjt/t].

Metningsgrad - Er et mål på hvor stor trafikketerspørsel en veg eller et kryss opplever, i forhold til den maksimale kapasiteten vegelementet har.

Sykkelfelt - Eget kjørefelt bestemt for syklende gjennom oppmerking og trafikkskilting.

Planskilt - Betyr at trafikantene beveger seg i flere plan (nivåer over/under bakken) og dermed unngår kontakt med hverandre.

Nullalternativet - Er et alternativ der man beholder dagens løsning for en definert

situasjon, med de konsekvenser det vil medføre. Det er et referansealternativ som danner sammenligningsgrunnlag for andre alternativer, slik at konsekvenser ved endring kan belyses.

Trafikksystem - Er i denne oppgaven et definert område av et vegnettverk med samspill mellom trafikkantgrupper.

Virtuell - En kunstig (simulert) virkelighet

Simulering - Et forsøk på å gjenskape en eksisterende situasjon (virkeligheten) i et kontrollert miljø, for å lære mer om denne.

Trafikkmodell - En forenklet fremstilling av et definert trafikksystem, som utvikles for undersøkelse av systemets egenskaper. Modellen tar inn trafikkdata og muliggjør simulering av en virtuell trafikksituasjon i det definerte trafikksystemet.

OD-matrise - OD står for Origin and Destination som betyr opprinnelse og destinasjon. Ved å sette alle reisemuligheter inn i en OD-matrise, dannes en oversiktlig og anvendbar fremstilling av bevegelsene i et system.

Tilfart - En vegarm tilknyttet en rundkjøring

Reaksjonstid - I denne oppgaven er reaksjonstid tiden fra en endring i trafikksituasjon og til føreren reagerer

Reisetid - Tiden en trafikkant bruker på å bevege seg fra startpunktet til sluttpunktet for reisen sin. I denne oppgaven er dette definert som tiden fra en ende av caseoppgavens vegnettverk til en annen.

Fremkommelighet - Fremkommelighet er en indikator på trafikkavviklingskvaliteten og er knyttet til standarden og kapasiteten i selve transportsystemet. Når biltrafikken hindres av dårlige veger (smale veger, dårlig vegdekke, kurvatur med dårlig sikt, uoversiktlige kryss, osv.) har en dårlig framkommelighet.

Tidsluke - Avstanden fra bakenden av en bil til fronten av neste bil som følger, målt i tid, avhengig av strekning og hastighet.

Flytskjema - Skjematisk prosessbeskrivelse

Variabel - En variabel er en egenskap som beskriver en tilstand

Superbuss (BRT) - Er et konsept der kollektivtransport skal ha høy prioritet i vegnettet den benytter. Dette gjøres ved egne kjørefelt for buss, separat bussveg, planskilte kryss

der buss har et eget område å bevege seg i eller aktiv bussprioritering i plankrysning. Målet er høy fremkommelighet, reisehastighet og transportkapasitet.

Meteringsretningen - Angir hvilken retning vegen er målt opp i.

Grønt skifte - Politisk målsetning om forandring i mer miljøvennlig retning, i denne oppgaven med fokus på transport.

Bærekraftig fremtid - En utvikling som tilfredsstillir dagens behov uten å ødelegge fremtidige generasjoners muligheter.

Årsdøgnstrafikk - Er totalt antall kjøretøy gjennom et snitt på en veg i løpet av ett år, delt på 365 dager.

ortofoto - Et geografisk referert bilde fra fly eller satellitt.

Del I - Prosesrapport

1 | Introduksjon

Denne masteroppgaven er en caseoppgave og forfattes som en konseptutredning av en vegstrekning. Vegstrekningen som oppgaven omhandler er Hunstadmoen - Skeid langs Rv.80 i Bodø. Denne vegstrekningen er definert som oppgavens caseområde. Oppgaven forfattes i to deler. Del I er en prosessrapport etter mal av en tradisjonell masteroppgave. Del II er en vitenskapelig artikkel med en kortfattet beskrivelse av arbeidet som er utført, resultater og konklusjon. Arbeidet startet høsten 2016 med prosjektoppgave (Sandvik, 2016) som forarbeid til masteroppgaven. Prosjektoppgaven legger grunnlaget for arbeidet med masteroppgaven våren 2017, ved institutt for bygg, anlegg og transport ved NTNU. Oppgaven skrives i samarbeid med Statens Vegvesen og Bypakke Bodø.

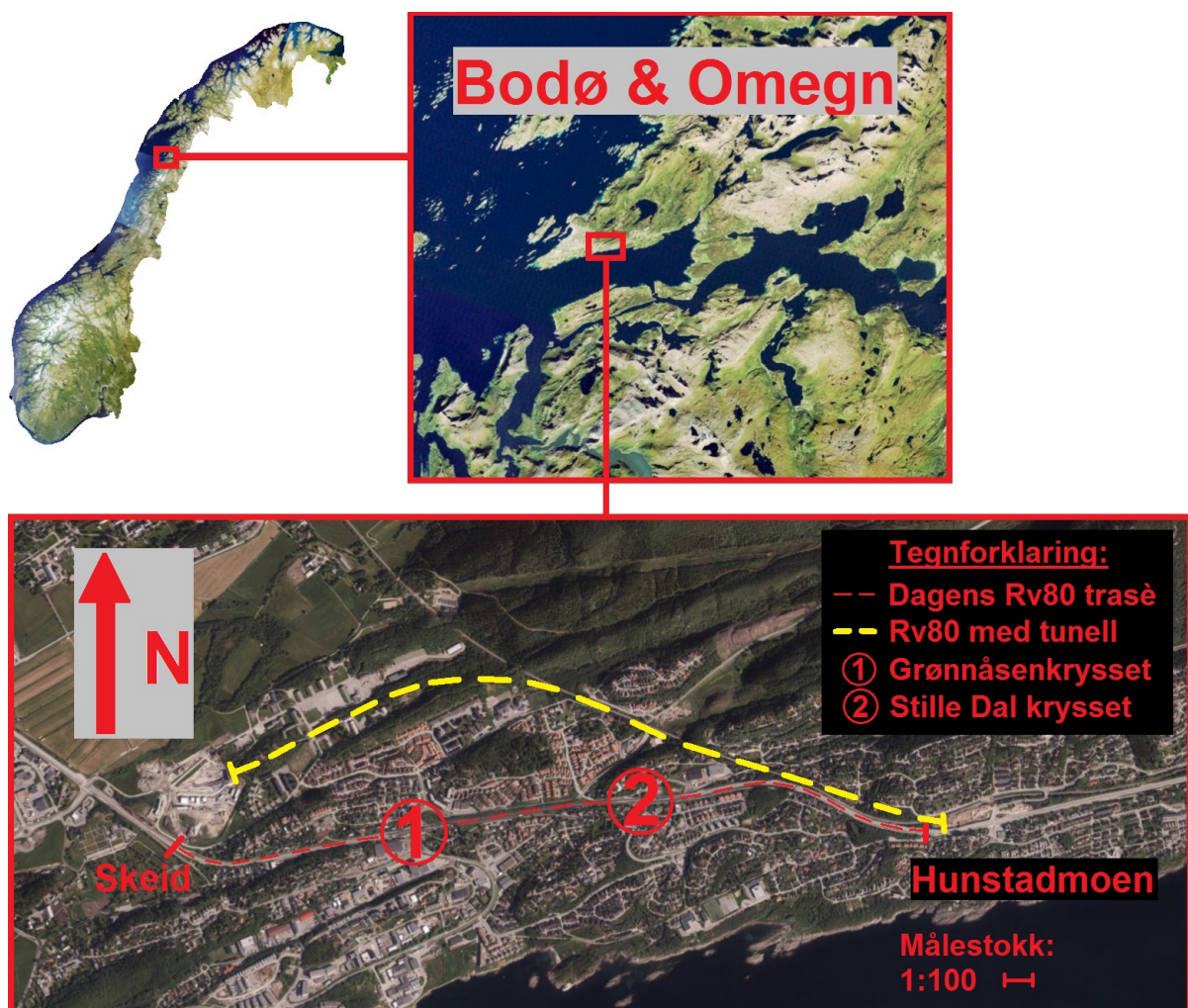
1.1 Bakgrunn

Bakgrunnen for oppgaven er at casestrekningen Hunstadmoen - Skeid skal omreguleres etter at Bodøtunellen i figur 1.1, åpner i 2019. Tunellen er under bygging fordi dagens situasjon på casestrekningen opplever overbelastning av trafikk, sammenbrudd i trafikkflyten og da lange køer i rushtid. Dette gjelder spesielt ved Skeid i figur 1.1, der dagens trafikkbelastning kan komme opp mot 31 000 Årsdøgntrafikk (ÅDT) se (vedlegg F). Etersom dagens veg ikke kan utvides til 4-felt på grunn av manglende areal, ble tunneløsningen valgt. Når tunnelen åpner vil dagens rushtidsregulerte 3-feltsveg oppleve et nytt trafikkbilde. Statens vegvesen har tidligere anslått at omtrent 2/3 av trafikken på dagens trefeltsveg vil gå gjennom tunnelen. Derfor er det videre et spørsmål om og hvordan vegstrekningen bør tilpasses ny bruk. Dagens veganlegg vil bli overflødig og det bør ses etter løsninger som fremmer miljøvennlig transport, i større grad enn tilfellet med eksisterende situasjon. I referatet fra Bypakke Bodøs oppstartsmøte om forprosjekt for 3-feltsvegen (Bypakke, 2016) heter det:

1. Effektive og attraktive løsninger for kollektivtransport.

2. Effektive og attraktive løsninger for gange og gjennomgående sykkelveg.
3. Trafikkløsninger som ivaretar næringstransport, men som gir færre bilbaserte arbeidsreiser.

Det var representanter fra Bodø kommune, Nordlands fylkeskommune og Statens vegvesen tilstede på møtet. Dette bekrefter altså et politisk ønske om satsing på miljøvennlige løsninger, noe som åpner mange muligheter i denne caseoppgaven. Derfor er det spennende å være med på en prosess for ombygging av 3-felten. Det å få muligheten til å skrive en masteroppgave som utforsker ulike konsepter for en estimert fremtidssituasjon er en stor motivasjonskilde.



Figur 1.1: Caseområdet i Bodø, Norge, ortofoto fra vegkart.no, (Vegvesen, 2016c)

Figur 1.1 er en kartografisk illustrasjon av caseområdet. Her er dagens eksisterende trefeltsveg stiplet i rødt, mens Bodøtunnelen er stiplet med gult. Skeid er området i vest der

begge stipletlinjene skal møtes. Hunstadmoen er området i øst der begge stipletlinjene møtes. Bodø sentrum ligger omtrent 3 kilometer fra Skeid i vestlig retning.

På denne vegstrekningen ligger to av de største vegkryssene i Bodø. Kryssområdet merket med nr. 1 er Grønnåsenkrysset. Dette vegkrysset har omtrent 27 000 ÅDT i hverdagens og omtrent 20 000 ÅDT i helgene i vestlig retning (vedlegg D). I figur 1.2 er det et satellittbilde av dagens kryss.



Figur 1.2: Grønnåsenkrysset, Rv. 80, ortofoto fra vegkart.no, (Vegvesen, 2016c)

Krysset merket som nr. 2 i figur 1.1, er Stille Dal krysset og vises i figur 1.3. Det er ikke innhentet spesifikke trafikk tall for ÅDT i dette krysset, men det anslås å ligge lavere enn Grønnåsenkrysset. Trafikkbelastningen i Stille Dal krysset antas derfor å ligge mellom 16 000-22 000 ÅDT på hverdager i vestlig retning.



Figur 1.3: Stille Dal krysset, Rv. 80, ortofoto fra vegkart.no, (Vegvesen, 2016c)

1.2 Tema

Tema for dette masterarbeidet er prioritering av miljøvennlig transport og prioritering av kollektivtransport vil være hovedfokus. Det vil også være viktig å finne gode løsninger som ivaretar syklister og gående. Forarbeidet i prosjektoppgaven og masterarbeidet, frem til endt skissefase i slutten av februar 2017, er først og fremst en kunnskapssamlende læringsprosess. Når arbeidet skrider fremover vil casestrekningen konseptutredes.

Prioritering av miljøvennlig transport er et meget stort tema. Litteraturstudien i kapittel 2 er derfor fokusert rundt kollektivprioritering i kryssområder. På denne måten reduseres mengden aktuell litteratur og det blir lettere å definere et mål for det videre arbeidet.

Arbeidets problemstilling er fremstilt på bakgrunn av litteraturstudien i kapittel 2 og er en konkretisering av valgt tema for oppgaven:

Hvordan kan kollektivtrafikk få førsteprioritet i vegkryss?

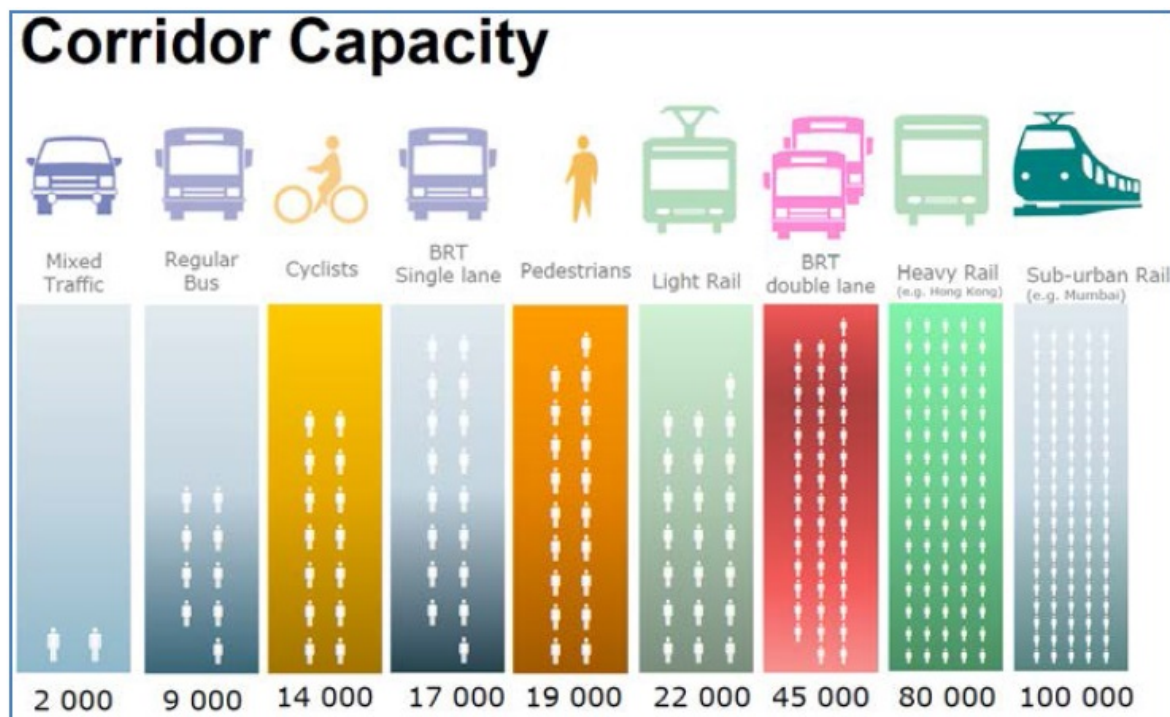
Problemstillingen beskrives nærmere i delkapittel 2.3.

1.3 Motivasjon

Motivasjonen for å se nærmere på prioritering av kollektivtrafikk i vegkryss kommer fra nytteverdien et slikt arbeid kan ha for samfunnet. Det er stor enighet blant politikere om at store deler av trafikkveksten må håndteres av kollektivtransport og andre mer miljøvennlige transportmidler. Dette er en utfordring, spesielt i Norge hvor fremkommelighet for private kjøretøy ofte har vært førsteprioritet i utforming av vegnettet. Tilrettelegning for kollektivtransport har ofte kommet i andre rekke. Når byer og tettsteder nå ser fremover i retning av et grønt skifte er det naturlig å legge mer vekt på transportformer som kollektivtransport, sykkel og gange. Derfor er det motiverende å se nærmere på denne omstillingsprosessen.

Det er mange måter å gjøre kollektivtransport mer attraktivt for forbrukerne. Dette kan være justeringer av pris, reisetid, komfort, gangavstander, etc. Valget om å se nærmere på kollektivprioriterende kryssløsninger gjennom fysisk utforming og intelligente transportsystemer (ITS), gjør det naturlig at reisetiden blir hovedfokus. Her er utfordringen å redusere ventetiden og den totale reisetiden for kollektivkjøretøy. Ved å redusere ventetiden i kryssområder vil reisetiden reduseres betraktelig. Dette vil igjen bidra til at buss får økt konkurranseflate og potensielt at flere reisende velger kollektivtransport fremfor privat kjøretøy.

Figur 1.4 illustrerer tenkte kapasitetsforhold mellom ulike transportformer. Det vises tydelig at sykkel, buss og gange har høyere persontransportkapasitet enn bil. Dette er miljøvennlige transportformer som er krever mindre å etablere, enn mer kostbare bane løsninger. I caseområdet er det potensielt grunnlag for å tenke *Bus rapid transit* (BRT) -system, basert på datagrunnlaget presentert i kapittel 3.



Figur 1.4: Personkapasitet for ulike transportformer i forhold til hverandre, (Vegvesen, 2014)

I dette arbeidet vil det også være viktig å ivareta god trafikkavvikling for andre trafikantgrupper, noe som kan by på flere utfordringer og interessante problemer. Bedre tilrettelegging for gange og sykkel ved å prioritere disse trafikantgruppene foran kjøretøy kan bli aktuelt.

1.4 Arbeidets målsetting

Målsettingen er å utvikle nye kryssløsninger der førsteprioriteten er kollektivtransport og annen miljøvennlig transport. Dette går frem av ett av forskningsspørsmålene i delkapittel 2.3:

Utvikle nytenkende kryss- og vegsystemløsninger som er realiserbare i praksis.

Arbeidet skal resultere i en konseptutredning av ulike alternativer for strekningen og de to kryssene beskrevet i underkapittel 1.1. Målet er at noen av konseptene er nytenkende og kan være anvendbare som standarder til generell bruk, andre steder. Arbeidet skal gjennomføres ved hjelp av trafikkmodellering i simuleringprogrammene SIDRA INTERSECTION og Aimsun. Resulterende konsepter vil beskrives og vurderes ut fra deres

effekt på caseområdets trafikkavvikling. Et viktig premiss er at løsningene skal redusere kollektivtransportens ventetid i kryss eller fjerne den helt.

1.5 Arbeidets oppbygging

Arbeidet er bygd opp slik at neste kapittel beskriver litteraturstudiet, valgt problemstilling og metoder som benyttes i dette arbeidet. Kapittel 3 redegjør for datainnsamlingen som er utført. Fremtidig trafikkutvikling og beregning av denne beskrives i kapittel 4. Kapittel 5 presenterer resultatene fra skissefasen av dette masterarbeidet. Skissene er grunnlag for trafikkmodelleringsfasen som presenteres i kapittel 6. Her beskrives arbeidsgangen i trafikkmodellering og hvordan dette er utført i denne oppgaven. Kapittel 7 presenterer de ferdige konseptmodellene som er benyttet til simulering av casestrekningen. Resultater fra trafikksimuleringene presenteres i kapittel 8. Konseptene som presenteres i kapittel 7 og 8 diskuteres i kapittel 9. Kapittel 10 konkluderer med hvilke konsept som er mest lovende og som kan anbefales for casestrekningen basert på trafikkavviklingskvaliteten resultatene viser. I kapittel 11 presenteres forslag til videre arbeid som bygger på resultatene fra dette arbeidet. Arbeidet avsluttes i kapittel 12 med avsluttende kommentarer om prosessen og arbeidet med denne masteroppgaven.

2 | Metode

I dette kapitlet legges en metodisk plan for hvordan arbeidet skal utføres. Først vil referat av litteraturstudiet på det valgte temaet presenteres. Litteraturstudiet er gjennomført høsten 2016 for å lære mer om temaet. Relevant litteratur som er innhentet under arbeidet med masteroppgaven våren 2017, refereres også her. Deretter tas det stilling til kildenes validitet. På bakgrunn av dette studiet er problemstilling og forskningsspørsmål definert. I delkapitlet metodevalg vil valgte metoder for å besvare problemstillingen presenteres. Kapitlet avsluttes med en vurdering av andre metoder som kunne vært benyttet.

2.1 Litteraturstudie

Litteraturstudiet består av to deler. Del 1 er et referat av litteraturstudien som ble utført på temaet for denne masteroppgaven fra høsten 2016. Målet med denne litteraturstudien er å innhente kunnskap om prioritering av kollektivtransport, sykkel og gange i veganlegg, både i Norge og ute i verden. I arbeidet med litteraturstudien er det i hovedsak søkt på kollektivprioritering og gang/sykkel i Norge. Det er også funnet internasjonal litteratur av relevans.

Del 2 er litteratur som er innhentet under arbeidet med masteroppgaven våren 2017. I denne studien er kunnskap om trafikkmodellering og analysering vektlagt. Et utvalg av innhentet litteratur er funnet nyttig for videre arbeid og refereres i forholdsvis korte trekk i dette kapitlet.

2.1.1 Litteraturstudium - Del 1

Det ble først gjort åpne søk etter litteratur gjennom tjenester som google.com, google.scholar.com og oria.no. Resultatene fra dette søket varierte veldig i grad av relevans for arbeidet. Veileder ble derfor kontaktet og ny litteratur ble anbefalt. Tilhørende referanselister i aktuell litteratur ble også studert, noe som avdekket flere interessante kilder. Tabellen under presenterer søkeord som er brukt i denne søkeprosessen.

Tabell 2.1: Søkeord som har blitt benyttet i dette arbeidet

Norsk	Engelsk
Superbuss	Bus Rapid Transit (BRT)
Kollektivprioritering	Public transport prioritizing
Sykkelplanlegging	Bicycleplanning
Kollektivfelt	Bus lane
Delt rom	Shared space
Vegkryss	Priority intersections
Flerbruksfelt	Joint use bus lanes
Reversible kollektivfelt	Reversible bus lanes

I de neste underkapittelene er de aktuelle kildene plassert og referert i kategorier. Kategoriens relevans for masteroppgaven forklares og det blir gitt en beskrivelse av aktuelle kilder. I noen kilder er det innhold som er funnet interessant nok til å utdypes nærmere i dette referatet. Inndelingen i kategorier er gjort for å gi en oversikt over fagområder av relevans for dette arbeidet.

Politikk

Nasjonal transportplan (NTP) utarbeides og revideres periodevis av Norges stortingspolitikere. Den er en grundig beskrivelse av sittende regjeringens transportpolitikk. Transportplanens formål er å være en strategi for utvikling og drift av landets transportsystem. I høringsutkastet for NTP i perioden 2018-2029, heter det:

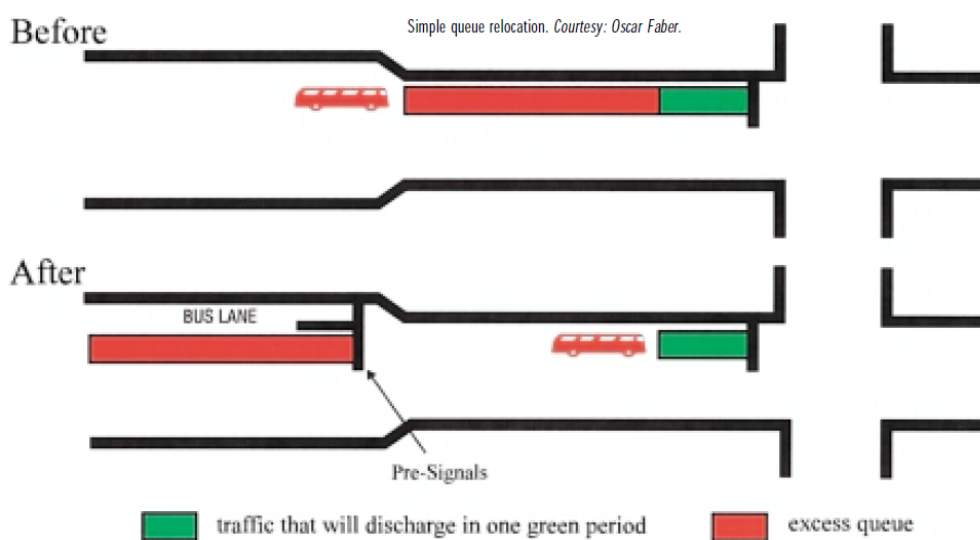
” Regjeringens overordnede mål for transportpolitikken er et transportsystem som er sikkert, fremmer verdiskaping og bidrar til omstilling til lavutslipps-samfunnet. Ut fra det overordnede målet er det avledet tre hovedmål. Disse beskriver transportsystemets primære funksjon (framkommelighet) og hvilke hensyn som skal tas ved utviklingen av transportsystemet (transportsikkerhet og klima og miljø).” (NTP, 2016)

Dette underbygger ”Nullvekstmålet” som ble presentert i NTP 2014-2023 (NTP, 2014). ”Nullvekstmålet” går ut på at persontransportveksten i de største byområdene skal tas med kollektivtransport, sykling og gåing. Det er med andre ord stor politisk interesse for nye løsninger som bidrar til å drive fremover en slik utvikling. Denne politiske holdningen er et av motivene for temaet i dette arbeidet.

Kollektivtransport og prioritering av buss

Kollektivtransport og prioritering av buss er kjernen i denne oppgaven. Derfor var det viktig å legge ned mye arbeid på dette området. Det har resultert i 9 kilder fra aktører med høy faglig kvalitet. Kildene kommer fra Statens Vegvesen, Urbanet, American Public Transportation Association, UITP WORKING GROUP og Oscar Faber Group. Først ble det søkt etter internasjonal litteratur på området. Her ble *Review of Bus Priority at Traffic Signals around the World* (UITP, 2009) funnet. Dette er en rapport utført av UITP Working Group som består av transportfaglige miljøer fra hele verden. Målet med denne rapporten var å samle informasjon om hvor og hvilke tiltak som er iverksatt på verdensbasis, med tanke på prioritering av buss i lysregulerte vegkryss. Rapporten beskriver flere tiltak som var iverksatt innen 2009 og erfaringer med disse. Her er det verdt å nevne at alle tiltakene som er studert har vært lønnsomme for brukerne og for operatørene. Dette er en viktig observasjon med tanke på å få aksept for slike prosjekter. En samtale med veileder førte til at *Bus Priority* (Higginson, 1999) ble studert. Dette notatet gir et innblikk i fordelene med å implementere bussprioriterende tiltak. Her pre-

senteres flere måter å tenke bussprioritering, med tilhørende illustrasjoner. Et eksempel av spesiell interesse er ideen om å slippe bussen frem ved å restriktre feltbruk for annen trafikk, over en liten del av et kjørefelt. Det kan være for eksempel 300 meter før et kryss, der annen trafikk reguleres vekk med lys og hvor buss får fri vegbane å manøvrere seg videre på. Dette er kjent som re-lokalisering av kø og illustreres i figur 2.1:



Figur 2.1: Re-lokalisering av kø, (Higginson, 1999)

I søket etter reversible kollektivfeltløsninger ble rapporten *Designing Bus Rapid Transit Running Ways* (APTA, 2010) hentet. Denne tar for seg flere typer kollektivfelt og kommer med anbefalinger for utforming. Beskrivelsen av ett midtstilt kollektivfelt for bruk av busstrafikk i begge retninger var av spesiell interesse. Dette gjøres ved rushtidsregulering i utgangspunktet, men også aktiv regulering. Ved rushtidsregulert kollektivfelt endrer kjøreretningen seg basert på rushtrafikkens trening. Busser i motsatt retning av rushtrafikken må da kjøre i felt med blandet trafikk. Utenfor rushtid fungerer dette derimot ikke like godt ettersom bussfeltet vil gi mye ubenyttet kapasitet på vegstrekningen.

Aktiv regulering av kollektivfeltet gjøres med lyssignal og optimering av rutetider, der bussene må benytte feltet etter tur. I Eugene, Oregon (US) er det et nettverk av bussfelt, der toveis trafikk i ett felt forekommer på noen strekninger. Dette gjør at bussene bruker det lysregulerte kollektivfeltet etter tur og er avhengige av at strekningen er ledig for bruk når de ankommer for å unngå ventetid. Løsningen i Eugene blir vurdert som krevende å implementere, men at en slik løsning fungerer bra, figur 2.2.



Figur 2.2: Signalregulert toveis kollektivfelt i Eugene, Oregon, (APTA, 2010)

De siste årene har det kommet stadig mer norsk litteratur på dette området. For norske forhold ble rapporten *Kollektivtransport - utfordringer, muligheter og løsninger for byområder* (Vegvesen, 2007b) hentet. Rapporten er utarbeidet av Urbanet på vegne av Statens Vegvesen og går i dybden på markedspotensialet ved prioritering av kollektivtransport. Her vurderes utviklingen i norske byer, trafikantenes preferanser, prisfølsomhet, organisering og kollektivtilbudets konkurransedyktighet med andre transportformer. Det fremmes også prinsipper for utbedring av kollektivtilbudet som faste avgangstider, økt frekvens på avganger og aktiv prioritering. En artikkelsamling av kollektivtransportrelaterte artikler ble videre lest som inspirasjonskilde (Vegvesen, 2007a). Artiklene har det til felles at de alle fremhever fordeler ved satsing på kollektivtransport for å møte fremtidige transportbehov.

Kollektivhåndboka av Statens Vegvesen innledes med å henviser til stortingets klimaforlik (Vegvesen, 2014d). Dette forliket har som mål at vekst i persontransporten i de største byene skal tas med kollektivtransport, sykkel og gange. *Kollektivhåndboka* tar for seg flere ulike løsninger for integrering av kollektivtransport i eksisterende og nye veganlegg. Håndboken stiller også generelle krav til detaljer som går igjen ved utforming av ulike løsninger.

Det ble videre funnet to aktuelle rapporter fra Statens Vegvesen og en fra Urbanet om

mulige kollektivprioriterende løsninger. Rapport nr.519 *Plassering og utforming av kollektivfelt* (Vegvesen, 2016a). Rapporten har som hensikt å vurdere superbussløsninger (BRT) og andre løsninger som fremmer miljøvennlig transport. Den beskriver løsninger for både sidestilte og midtstilte kollektivfelt. Her beskrives også Sveriges første reversible, rushtidsregulerte kollektivfelt fra Tornavägen i Lund, Sverige. Dette er en del av BRT satsing i Lund og illustreres her i figur 2.3:



Figur 2.3: Reversibelt kollektivfelt, (Vegvesen, 2016a)

En annen rapport er nr.312 *Superbusskonsept og midtstilt kollektivfelt* (Vegvesen, 2014j). Den tar for seg hva superbusskonseptet er, hva som gjøres internasjonalt, erfaringer med slike systemer og gir råd for nasjonale prosjekter.

Til slutt i denne litteraturkategorien ble *Erfaringer med Bus Rapid Transit og bussprioritering gjennom rundkjøring* (Urbanet-Analyse, 2012) studert. Denne rapporten beskriver et utvalg av BRT-systemer fra USA, Europa og Australia. Systemene er etablert i byer i størrelsesorden 50 000 - 1 000 000 innbyggere. Erfaringer fra disse systemene fremstilles som anbefalinger for planlegging av BRT-systemer. Anbefalingene er:

- Viktig å tenke helhet i planleggingen
- Holdeplassavstanden bør være over 500 m for å oppnå et mest mulig effektivt BRT-system, med tilbringertjenester
- Ha fokus på potensielle miljøeffekter

Rapporten avsluttes med en gjennomgang av erfaringer med kollektivprioritering gjennom sentraløya på rundkjøring fra de utvalgte BRT-systemene.

Sykkelplanlegging

Tilrettelegging for sykkel vil være et av de viktigste satsingsområdene i fremtidig transportplanlegging. Det er stor enighet i det politiske Norge om at sykkelandelen må økes for å nå målene i nasjonal transportplan. For å øke sykkelandelen, må sykkelene være konkurransedyktig ovenfor andre transportformer. En måte å gjøre dette på er å fysisk utbedre fremkommeligheten med sykkel. Oslo kommunes nye standard for sykkeltilrettelegging er et eksempel på denne satsingen (Oslo-kommune, 2016). Denne standarden er resultat av et stadig økende behov for kunnskap om sykkelplanlegging i norske byer. Standarden presenterer sykkelvennlige løsninger for strekninger og kryss. Den vurderer også utfordrende punkter som holdeplasser og systemskifter. I det videre arbeidet vil standarden være en viktig inspirasjonskilde. Det kan også tenkes at løsninger fra standarden er aktuelle å implementere i caseområdet som dette arbeidet fokuserer på.

En annen kilde til inspirasjon og rettleiding for sykkelplanlegging er Statens Vegvesens håndbok V122 *Sykkelhåndboka* (Vegvesen, 2014c). Håndboken beskriver hvordan sykkelanlegg bør planlegges og driftes. Den inneholder også veiledende anbefalinger og krav for dimensjoner på sykkelanleggene. Håndbok V122 og Oslo kommunes standard vil være viktige i det videre arbeidet med utforming av løsninger som også ivaretar syklistene.

Intelligente Transportsystemer

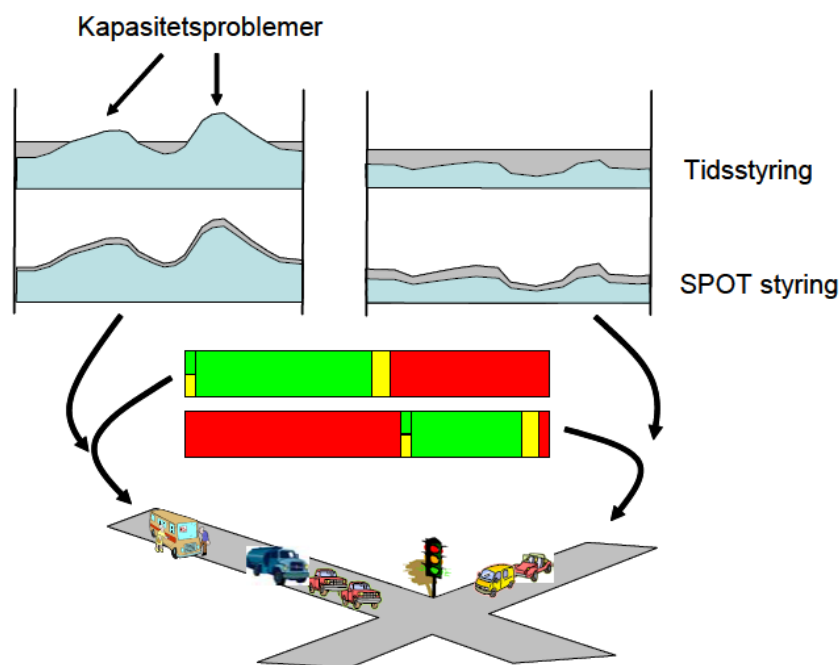
I det videre arbeidet med utarbeidelse av kollektivprioriterende løsninger, vil ulike intelligente transportsystemer være nærliggende å vurdere. ITS løsninger som gir buss bedre vilkår i trafikkbildet er viktige å ta med videre i prosessen. Derfor ble Statens Vegvesen håndbok N303 *Trafikksignalanlegg* (Vegvesen, 2014b) hentet. Denne bidrar med innsikt i lovverk, utformingskrav og plasseringsanbefalinger for signalløser i signalanlegg. Det ble også funnet SINTEF rapporter på bruk av ITS for å fremme kollektivtrafikk. *ITS i kollektivtrafikken* (SINTEF, 2006), fra 2006 presenterer flere ITS-løsninger som er relevante for dette arbeidet. Når det er snakk om ITS-løsninger for kollektivtrafikk, er det ofte snakk om signalprioritering. Her er det to hovedgrupper. Den ene er passiv prioritering der signalplanene i lyskrysset taktet slik at det i størst mulig grad skal være grønt lys når en eller flere busser ankommer. På denne måten vil bussene få økt prioritet gjennom et kryss og ideelt sett flere kryss etter hverandre i en grønn bølgeeffekt. Den andre hovedgruppen er aktiv prioritering. Det betyr at kollektivkjøretøyene detekteres i forkant av krysset og får prioritet med grønt lys når de skal passere. Et eksempel på aktiv kollektivprioritering

i Norge er Hillevåg, Stavanger (Vegvesen, 2014j), figur 2.4. Her føres bussen gjennom sentraløya av rundkjøring ved bruk av aktiv signalregulering.



Figur 2.4: Rundkjøring med midtstillt kollektivfelt gjennom sentraløy, (Vegvesen, 2014j)

Det finnes en rekke systemer for aktiv signalprioritering på verdensbasis. I Norge benyttes italienskutviklede SPOT/UTOPIA (*Urban Traffic Optimisation by Integrated Automation*), som beskrives grundig i rapporten *Prioritering i signalanlegg - Kristiansand* (SINTEF, 2009). Figur 2.5 er hentet fra denne og illustrerer hvordan et SPOT regulert kryss har bedre kapasitetsutnyttelse enn et tradisjonelt tidsstyrt kryss.



Figur 2.5: Illustrasjon av passiv og aktiv signalregulering, (SINTEF, 2009)

SPOT responderer på etterspørselen (lyseblå) og justerer kapasiteten (grå) etter behovene som melder seg til enhver tid i krysset.

Statens Vegvesen har også utarbeidet en veileder for ITS på veg, ved samme navn (Vegvesen, 2011). Her blir en rekke ITS-løsninger beskrevet og vurdert mot hverandre på ulike kriterier. Elektroniske skilter er en av disse løsningene, som kan være aktuelt å ta med videre i dette arbeidet.

Fysisk utforming

På dette området er Statens vegvesens håndbøker studert. Først ble håndbok V121 *Geometrisk utforming av veg- og gatekryss* lest (Vegvesen, 2013b). Her blir innledningsvis trafikksikkerhet i trafikkavvikling belyst. Det er videre presentert en rekke kryssløsninger og hvordan disse bør utformes. Krav til utforming av krysningspunkter for gående og syklistene nevnes kort i denne håndboken. Dette førte til at håndbok V127 *Gangfeltkriterier* (Vegvesen, 2014e) ble hentet. Her presenteres flere tiltak for å ivareta myke trafikanter. Det blir også gitt eksempler og krav til hvordan dette kan gjøres for å redusere risiko på best mulig måte.

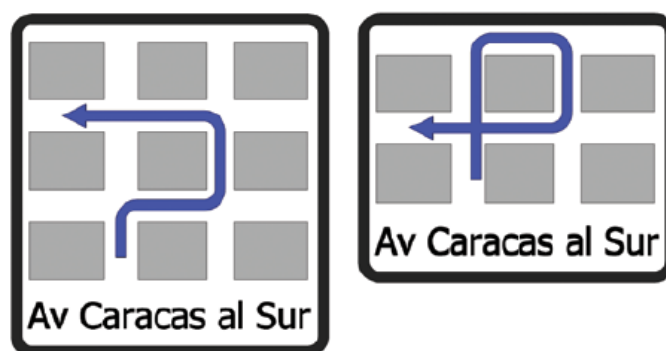
Vegdirektoratets rapport om gatekryss i bysentrum, belyser flere eksempler på ulike gatekryssløsninger og elementer, fra hele verden (Vegdirektoratet, 2011). Dette er løsninger som i ulik grad tilrettelegger for gående, syklistene, kollektiv og andre trafikkantgrupper. Eksemplene ble videre vurdert med fordeler og ulemper i bruk for de ulike trafikkantgruppene. En slik vurderingsprosess kan være nyttig å ta med videre i vurderingen av løsninger som dette arbeidet skal resultere i. Det vil også være aktuelt å benytte håndbok V721 *Risikovurdering i vegtrafikken* (Vegvesen, 2014i), ved utredning av løsninger.

Vedlikehold

I alle planleggingsprosesser for infrastruktur er det viktig å tenke nøye gjennom drift og vedlikehold av det aktuelle anlegget. Statens Vegvesen håndbok R610 *Standard for drift og vedlikehold av riksveger* (Vegvesen, 2012) vil være viktig å ha med i vurderingen av ulike løsninger i det videre arbeidet.

Trafikksikkerhet

Trafikksikkerheten vi opplever som brukere av et nytt veganlegg er avgjørende for vedvarende bruk. Trafikantenes sikkerhet er med andre ord avgjørende for hvor vellykket et vegprosjekt blir. En rapport utført av World Resource Institute går i dybden på en rekke systemer rundt i verden der kollektivtransport prioriteres (Institute, 2014). Den beskriver flere aspekter ved trafikksikkerheten i systemene og hvordan anleggene fungerer basert på erfaringer. På bakgrunn av dette inneholder rapporten en rekke erfaringsbaserte anbefalinger for planlegging, utforming og drifting av ulike kollektivprioriterende løsninger. Den kommer også med vurderinger av alternative måter å løse eksisterende kryss på. Et eksempel er vurderingen av å fjerne venstresvingmuligheten i et vegkryss. Her viser deres statistiske beregninger at dette vil gi over 20% reduksjon i antall trafikkulykker i det aktuelle krysset. For at trafikk som nektes venstresving i dette krysset skal ivaretas, foreslås løkkekjøring. Løkkekjøring illustreres i figur 2.6:



Figur 2.6: Illustrasjon av løkkekjøring, (Institute, 2014)

Rapporten har som mål å bidra til at bygater verden over blir tryggere for alle som bruker dem.

Norsk litteratur som ble innhentet på dette området kommer fra Statens Vegvesen i form av håndbøker. Dette er håndbøker som kommer godt med i videre arbeid. Innhentede håndbøker er håndbok V128 *Fartsdempende tiltak* (Vegvesen, 2014f), håndbok N302 *Vegoppmerking* (Vegvesen, 2015) og håndbok N300 del 3 *Trafikkskilt* (Vegvesen, 2014a).

2.1.2 Litteraturstudium - Del 2

Denne delen av litteraturstudien refererer kilder som er innhentet under arbeidet med masteroppgaven. Litteraturen som refereres her omhandler trafikkmodellering og trafikkavviklingsteori.

Handbok för kapacitetsanalys med hjälp av simulering fra Sveriges trafikverk, (Trafikverket, 2014), er en veileder i kapasitetsanalyse ved trafikksimulering. Den gir en detaljert beskrivelse av prosessen for hvordan man gjennomfører trafikksimulering. Denne er benyttet for å lære mer om kalibrering og validering av modellene, samt som en del av teorigrunnet i kapittel 6.

Bruerveiledningene i simuleringsprogrammene SIDRA INTERSECTION (AkcelikAndAssociates, 2016c) og Aimsun (TSS, 2016a) er benyttet for å lære bruk av programmene. De inneholder også forklaringer av resultatdata som er benyttet til beskrivelse av disse i kapittel 6 av denne oppgaven. Bruermanualene fremkalles inne i programmene.

Kurshefter i SIDRA, *Training Workshop day 1 - Introduction* (AkcelikAndAssociates, 2016a) og *Training Workshop day 2-3 - Network modelling* (AkcelikAndAssociates, 2016b), er også mottatt fra veileder og benyttet til egenopplæring i programmet.

Highway capacity manual (HCM) (Transportation research board, 2016) 6th edition er også benyttet i denne oppgaven. Den ble gjort tilgjengelig via Itslearning på NTNU av veileder. De aktuelle kapitlene er 5 - *Quality and level of service concepts*, 19 - *Signalized intersections* og 22 - *Roundabouts*. Kapittel 5 gir forståelse av hva *level of service* (LOS) er, kapittel 19 for LOS i signalregulerte kryss og kapittel 22 for LOS i rundkjøringer.

Forelesningsfoiler fra faget TBA4286 Trafikkavvikling og ITS, våren 2016, samt foiler fra lignende fag er mottatt fra veileder og benyttet. Dette er foilene *Traffic simulation and Aimsun* (Aakre, 2016b), *Trafikkstrømmsteori mikromodeller og simulering* (Aakre, 2016c).

Håndbok V713 *Trafikkberegninger* (Vegvesen, 2014g) er benyttet for trafikkberegning basert på bolig telling. Dette fungerer ved at hver bolig eller annet bygg genererer et antall reiser daglig, noe som utgjør produsert ÅDT når et område summeres.

Håndbok V714 *Veileder i trafikkdata* (Vegvesen, 2014h) beskriver planlegging, innhenting bearbeidelse og presentering av trafikkdata. Den definerer meteringsretning og at 5,6 meter er grensen mellom lette/tunge kjøretøy.

Monograph on traffic flow theory (Gartner, 1997) gir en oversikt over de viktigste modellene og teoriene som karakteriserer trafikkflyt og kvalitet. Kapittel 10 om trafikksimulering er benyttet som supplement til *Handbok för kapacitetsanalys med hjälp av simulering*.

2.2 Kildekritikk

De litterære kildene som er innhentet virker å holde høy kvalitet. Flertallet av kildene er hentet fra Statens Vegvesen og andre anerkjente norske institusjoner. Kildene fra internasjonal litteratur holder også et høyt faglig nivå. Det er derfor ikke grunn til å tro at feilaktig informasjon fra kildene skal påvirke resultatene i dette arbeidet.

2.3 Forsknings spørsmål

Litteraturstudien er utført med fokus på prioritering av kollektivtrafikk i ulike kryssløsninger. Det ble også sett nærmere på løsninger for syklist og gående. Generelt er det gjort mye arbeid for å bedre fremkommelighet for buss og sykkel på strekninger. Det er også gjort mye i lyskryss for buss. I rundkjøringer og vikepliktskryss er det derimot gjort lite for kollektivtransport. For sykkel er det gjort arbeid i alle krysstypene, der flere av løsningene baserer seg på blanding av sykler og biler. Et fellestrekk for arbeidet som gjøres er ønsket om å likestille buss og sykkel, med biler i trafikken. Tanken om å gjøre mer enn som så ved å sette buss først, ovenfor andre kjøretøy, meldte seg. I det videre arbeidet er det derfor valgt å fokusere på løsninger for buss. Det vil også foreslås løsninger som prioriterer fotgjengere og syklist, fremfor kjøretøy som ikke er buss. Tanken er at buss, og myke trafikanter skal være likestilt og ha førsteprioritet. Løsningene arbeidet søker skal minimere eller fjerne konflikter mellom buss og myke trafikanter. Der det er unngåelige konflikter mellom disse, vil buss ha prioritet i den grad det er naturlig.

Resultatet ble følgende problemstilling:

Hvordan kan kollektivtrafikk få førsteprioritet i vegkryss?

Problemstillingen er åpen, men søker alternative løsninger til de som benyttes idag og å lære mer om disse. Det er derfor et mål at arbeidet skal resultere i nytenkende løsninger. Løsningene skal først og fremst kunne anvendes i studieområdet beskrevet i introduksjonen, men også andre steder. Planen er å benytte data fra Rv. 80 i Bodø til å utføre analyser av interessante kryssløsninger. Analysene vil basere seg på en estimert fremtidig trafikksituasjon i området. Det vil dermed være aktuelt å se på hvordan buss, sykkel og gange best ivaretas langs en slik hovedfartsåre. Forsknings spørsmålene som følger, underbygger problemstillingens åpenhet og legger vekt på ønsket om finne nye løsninger.

Forskningsspørsmål som belyser og konkretiserer problemstillingen er:

Hvordan kan privatbilisme nedprioriteres gjennom fysisk utforming eller ITS, uten ugunstig påvirkning av trafikkflyten?

Hvordan kan venstresvingende trafikk i et kryss avvikles effektivt?

Hvordan påvirkes trafikkbildet hvis dagens signalregulerte løsning reduseres fra 3 til 2 kjørefelt og det legges inn sykkelveg?

På hvilken måte kan ett midtstilt felt benyttes av kollektivtrafikk i begge retninger?

Utvikle nytenkende kryss- og vegsystemløsninger som er realiserbare i praksis.

2.4 Metodevalg

I arbeidet med å svare på hypotesen og forskningsspørsmålene som er reist, må metodikk defineres. Problemstillingen belyses av flere forskningsspørsmål som kan være aktuelle for det videre arbeidet. Hvert av disse forskningsspørsmålene leder til interessante aspekter og drøftinger. Et fellestrekk for flere av disse forskningsspørsmålene er at de kan besvares med den samme metodiske fremgangsmåten, nemlig konseptutredning. Dette er en metode hvor alternative løsninger utforskes gjennom en mulighetsstudie, med mål om å finne de beste løsningene.

I denne konseptutredningen er det viktig å ha en klar metodisk strategi for arbeidet. Det skilles mellom kvantitative og kvalitative forskningsmetoder. Kvantitative metoder baserer seg på målbare data. Kvalitative metoder baseres på informasjon fra tekster eller intervjuer. For å besvare hypotesen og forskningsspørsmålene i denne oppgaven vil kvantitative metoder være nødvendig. De utvalgte metodene for konseptutredningen er:

Innhenting av talldata:

Kvantitativ metode som samler talldata fra trafikktegninger og andre målinger utført i det aktuelle studieområdet. Dette vil gi kunnskap om trafikkvolumer og danner grunnlaget for trafikksimulering.

Konseptutredning

Målet med denne masteroppgaven er som nevnt å komme frem til nye løsninger. Det er derfor naturlig å bruke litteraturstudiet og de formulerte forskningsspørsmålene til å søke nye ideer. For å visualisere de nye ideene og tankene er hånd- skissing benyttet som metode. Dette skissearbeidet begynte høsten 2016 og fortsatte til i midten av februar 2017. Skissearbeidet legger grunnlaget for konseptutredningen som denne oppgaven presenterer.

Simulering:

Simulering er en kvantitativ metode som forsøker å gjenskape og beskrive virkeligheten gjennom matematiske modeller. Dette arbeidet resulterer i nye talldata som beskriver en definert situasjon. Det skal i utgangspunktet brukes australskutviklede SIDRA INTERSECTION til simuleringer i denne oppgaven. Dette er et trafikksimuleringsprogram som er brukervennlig og produserer resultater av høy kvalitet. En grundigere beskrivelse av dette programmet er å finne i kapittel 6 om trafikkm modeller. Dette vil gjøre leseren i stand til å sette seg inn i arbeidet som er utført. Et alternativ til SIDRA INTERSECTION er spanskutviklede Aimsun fra Transport Simulation Systems. Dette er et noe omfattende simuleringsprogram og vil brukes der SIDRA INTERSECTION eventuelt ikke strekker til. Resultatene fra simuleringen vil være reisetidsdata, forsinkelsestid, stopptid, kølengder, LOS og annet av interesse fra hvert utformet alternativ. Dette vil gi informasjon for vurdering av effekter ved ulike kryssløsninger i studieområdet.

Simulering er valgt for å svare på forskningsspørsmålene, fordi det muliggjør modellering av aktuelle løsninger og sammenlikning av disse ut fra deres effekt på trafikkbildet i studieområdet. Utformingene av casestrekningen vil være en blanding av egne forslag og ønsker fra Statens Vegvesen. Resultatene av simuleringene vil så vurderes mot hverandre. Målet er å hente ut noen interessante betraktninger om løsningene og komme med anbefalinger.

2.5 Alternative metoder

Problemstillingen som skal besvares kan vurderes gjennom et bredt spekter av metoder. I denne oppgaven ble det tidlig klart at målet er å finne interessante og aktuelle løsninger for caseområdet beskrevet i introduksjonen. Dette vil gjøres fra vegplanleggingsperspektiv med fysisk utforming som baserer seg på simuleringsresultater fra trafikkmmodellering. Konseptutredning, innsamling av kvantitative data og simulering er dermed tilstrekkelig for oppgaven og de mest nærliggende metodene å ta i bruk.

3 | Datainnsamling

For å gjennomføre trafikksimuleringer må det innhentes kvantitative data om det aktuelle området. Dette er talldata som beskriver trafikksituasjonen slik det er i dagens situasjon. Alle involverte trafikanter er derfor av interesse. Dette betyr at kvaliteten på simuleringsresultatene i stor grad avhenger av hvor nøyaktig disse trafikantgruppene implementeres i modelleringen av området.

I dette kapittelet blir dagens situasjon på casestrekningen beskrevet. Delkapittel 3.1 presenterer innsamlingsmetode og innhentet data. Her vil også fremgangsmåten for å bearbeide dataene beskrives. Kapittelet avsluttes med kildekritikk i delkapittel 3.2.

3.1 Dagens situasjon

Dagens situasjon defineres som nåtidssituasjonen, anno 2017. Denne trafikksituasjonen utgjør grunnlaget for videre arbeid med denne oppgaven. Først ble aktuelle trafikkantgrupper kartlagt. Strekningen er en riksveg og er hovedinnfartsåren til Bodø i dag. Det er dermed behov for å ivareta tungtrafikk i tillegg til vanlige kjøretøy og buss, selv etter at Bodøtunellen åpnes. Strekningen har to fotgjengerfelt. Dette gjelder Grønnåsen- og Stille Dal kryssets sørlige vegarmer. Her passerer også syklistene da det i dag eksisterer gang-/sykkelveg langs hele strekningen. I Grønnåsenkrysset eksisterer det planskilt gang-/sykkelveg i form av en nord-sør orientert bro. For kryssing i nord-sør retning i Stille Dal er det også planskilt gang-/sykkelveg i form av en kulvert.

Bildene i figurene 3.1 - 3.3 er tatt på befaring av caseområdet. Figur 3.1 viser eksisterende kryssløsning og der betongbroen gjelder for gange og sykkel. Denne broen har vært utsatt for påkjørsler på grunn av utdatert dimensjonert høyde. Den planlegges derfor å skiftes ut som en del av ombyggingsarbeidet på denne strekningen. Det signalregulerte fotgjengerfeltet over sørlig vegarm i dette krysset tenkes å byttes ut med en gang-/sykkelbro.

Dette vil bedre avviklingen av trafikk ut fra denne vegarmen.



Figur 3.1: Bilde av Grønnåsenkrysset tatt på befarig

I figur 3.2 vises Stille Dal krysset med gang-/sykkel kulvert og fotgjengerfelter. Kulverten her har hatt problemer med dreneringen i vårløsningen, noe som har ført til oversvømmelse av gangarealet. Dette bør tas hensyn til i vurdering av gang-/sykkelløsning i dette kryssområdet.



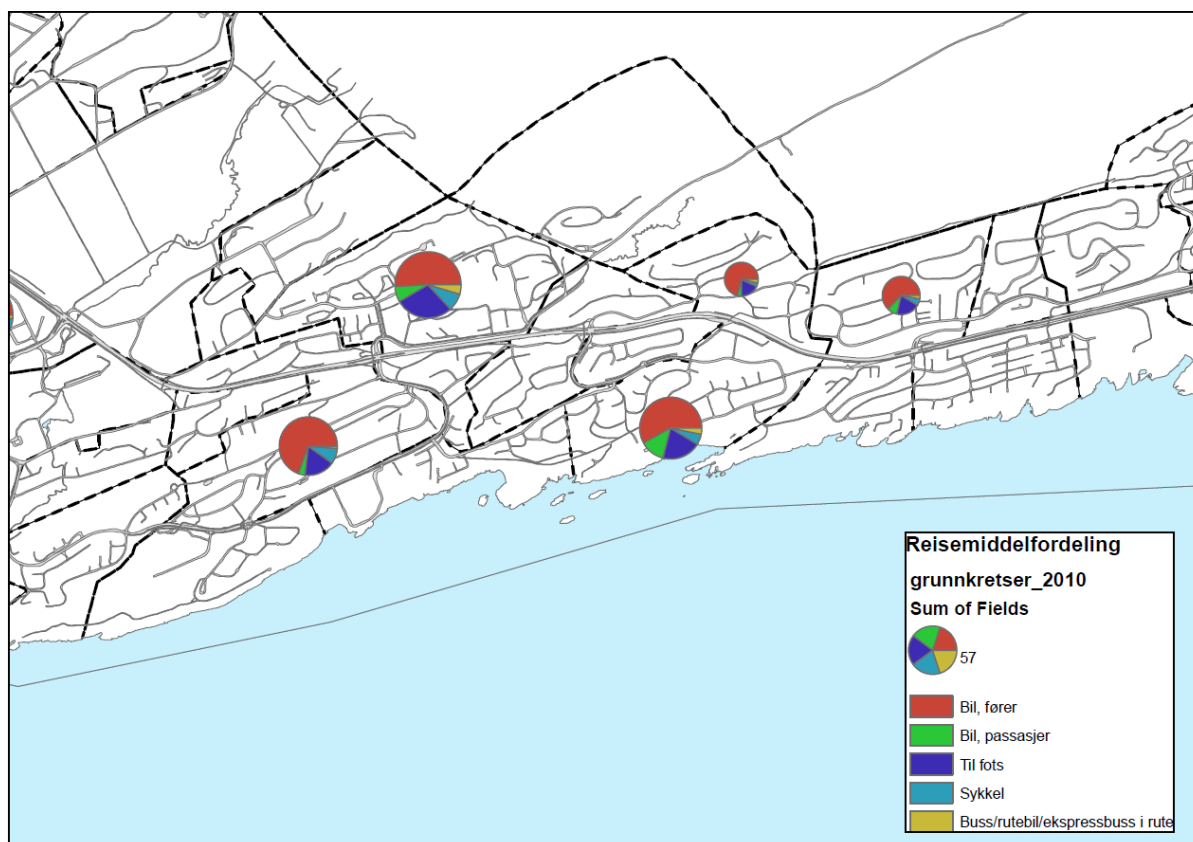
Figur 3.2: Bilde av Stille Dal krysset tatt på befarig

Bildet i figur 3.3 er tatt mellom Grønnåsen- og Stille Dal Krysset og viser hvordan kjørefeltsreguleringen er i dagens situasjon.



Figur 3.3: Bilde av kjørefeltsreguleringen på 3-feltsvegen tatt på befaring

For å få et bedre bilde på foretrukne transportformer i caseområdet, ble reisemiddelfordeling for de nærmeste bydelene basert på reisevaneundersøkelse (RVU), innhentet fra Statens Vegvesen. Figur 3.4 viser hvor store andeler de ulike transportformene utgjør av alle reiser i ulike deler av caseområdet.



Figur 3.4: Reisemiddelfordeling i caseområdet, (Vegvesen, 2017a)

Figuren viser at andelen bilreiser som fører av bilen (Bil, fører) er mellom 52 og 70 prosent, mens bilpassasjerer (Bil, passasjer) utgjør mellom 4 og 16 prosent. Andelen fotgjengere (Til fots) ligger mellom 11 og 17 prosent. Sykkelandelen (Sykkel) varierer mellom 2 og 7 prosent. Bussandelen (Buss/rutebil/ekspresbuss i rute) ligger mellom 1 og 4 prosent.

Basert på disse tallene er det tydelig at en stor del av reisene i området foregår med bil. Sykkel og buss virker å være sterkt nedprioritert som transportmiddel. Dette kan skyldes mange faktorer som for eksempel avstander, sykkelhold pr. husholdning, terrengutfordringer, dårlig tilrettelegging for bruk av sykkel i infrastrukturen og andre faktorer. I dette arbeidet er det fokus på infrastrukturen og hvordan denne kan gjøre det mer attraktivt å sykle eller ta buss. I dag er det ikke bygget sykkelveger i caseområdet, men det eksisterer gang-/sykkelveg langs Rv.80 og rundt om i boligfeltene. Basert på tallene fra reisemiddelfordelingen virker ikke dette å påvirke bilbruken i stor grad. Det blir da et spørsmål om en egen sykkelveg fra øst til vest i caseområdet vil bidra til å øke sykkelandelen i områdene rundt casestrekningen. Dette diskuteres i kapittel 9. Andelen som reiser med kollektivtransport påvirkes av faktorer som bussavganger i timen, avstand til holdeplasser og tilgang på alternative transportmidler. Den lave bussandelen i figur 3.4 tyder på at busstilbudet har stort forbedringspotensiale i caseområdet. Det vil derfor være en viktig del av dette arbeidet å gjøre kollektivtransport, sykkel og gange mer attraktivt i caseområdet.

3.1.1 Personbiler og tungtrafikk

Trafikken langs casestrekningen er jevnt over den samme gjennom hele året. Dette kommer av at strekningen er hovedinnfartsåren til Bodø og alternative kjøreruter er omveier i tilknyttede bydeler. ÅDT i vest ligger på rundt 27000 i januar 2017 (vedlegg D). Dette tallet har vært helt oppe på 31 000 høsten 2015 som nevnt i introduksjonen, før bomring ble etablert og før byggearbeidene med tunnellen startet. Siden den gang har dette tallet ligget et sted mellom 26- og 28 000 i hverdagene og rundt 18 000 i helgene. Dette er tall fra Statens Vegvesens målepunkt på Skeid, vest for Grønnåsenkrysset. Tallene gir et overordnet bilde på trafikkbelastningen i caseområdet, men i denne oppgaven er det behov for mer detaljerte data.

For å innhente trafikkdata om casestrekningen ble det i uke 2 2017, gjort videotelling av begge kryssene. Grønnåsenkrysset ble filmet onsdag 11. januar og Stille Dalkrysset ble filmet torsdag 12. januar. Filmingen foregikk 07:00 - 08:30 og 15:00 - 16:30 hver av dagene.

Tidsintervallene ble valgt fordi de dekker rushtidstrafikken langs denne strekningen. Etter at arbeidene på Bodøtunellen startet opp i 2015, blir rushtrafikken opplevd som tregere enn før. Dette har ført til at flere velger å kjøre tidligere enn normalt på morgenen, noe som gir en rushtidsperiode med lavere makspunkt og jevnere trafikkbelastning. Det var derfor viktig å filme 1 time og 30 min for å fange opp denne effekten. Ettermiddagsrushet er omtrent det samme nå som før tunnelarbeidene startet.

At tellingene ble utført i januar har lite å si med tanke på å fange opp den største trafikkbelastningen på casestrekningen. Det er som nevnt fordi Rv.80 er hovedinnsfartsåren til Bodø og i øst-vestlig retning er den eneste vegen mellom Hunstadmoen i øst og Stille Dal i vest. Dette fører til at trafikken på disse januardagene gir omtrent den samme trafikkbelastningen som enhver annen vanlig arbeidsdag i året.

I Grønnåsenkrysset ble kamera plassert i sør-vestlig posisjon, markert av den røde prikken i figur 3.5. Dette gir god oversikt over trafikken i krysset med kameranlinse pekende i nord-østlig retning, markert ved rosaskravert felt. Opptakene er gjort med et GoPro Hero 3+ kamera, med vidvinkelinnstilling for å favne mest mulig av aktiviteten i krysset.



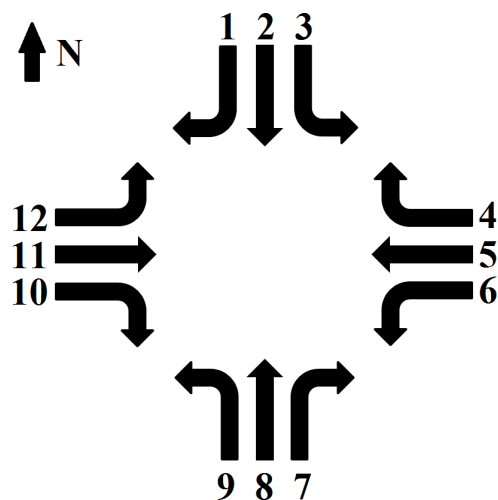
Figur 3.5: Kameraplassering i Grønnåsenkrysset, (venstre bilde bruker et ortofoto fra *vegkart.no* (Vegvesen, 2016c) og redigert, høyre bilde er fra befarings)

I Stille Dal krysset ble kamera plassert i nord-østlig posisjon slik figur 3.6 viser, markert med rød prikk. Her gav også linsens vidvinkel god oversikt. Syklister er talt i fotgjengerfeltet på søndre vegarm i krysset. Det samme gjelder undergangen og gang-/sykkelvegen som vises i høyre del av figuren. Dette beskrives nærmere i avsnittet om sykkel.



Figur 3.6: Kameraplassering i Stille Dal krysset, (venstre bilde bruker et ortofoto fra *vegkart.no* (Vegvesen, 2016c), høyre bilde er fra befarings)

Resultatet av videotellingene er gitt i tabell B.1 - B.8 i vedlegg B. Resultatene er registrert med 5 minutters intervall med tellestart ved kl 07:00 eller 15:00. Kjøretøyene er fordelt på lette og tunge kjøretøy. Fordelingen er basert på en grense satt ved kjøretøylengde 5,6 m (Vegvesen, 2014h) og talt på øyemål fra videoopptakene. Telleskjemaet som ble benyttet vises i vedlegg C. Dette skjemaet definerer nummereringen av svingebevegelsene i kryssområdene slik figur 3.7 viser:



Figur 3.7: Svingebevegelser i vegkryss

Telleskjemaet er orientert mot nord slik at svingebevegelsene 1, 2, 3 kommer fra nordlig vegarm, 4, 5, 6 fra øst, 7, 8, 9 fra sør og 10, 11, 12 fra vest.

For å finne trafikkstrøm 5 og 11 uten å telle disse manuelt, ble måledata fra Statens

Vegvesens målepunkt på Skeid benyttet (vedlegg D). Dette målepunktet ligger omtrent 1 km vest for Grønnåsenkrysset langs Rv.80, markert ved rød sirkel i figur 3.8.



Figur 3.8: Målepunkter - Skeid, ortofoto fra vegkart.no, (Vegvesen, 2016c)

Det er ingen trafikk som kommer inn på Rv.80 mellom målepunktet og Grønnåsenkrysset. Tallene fra målepunktet er derfor de samme som de ville vært ved manuell telling og derfor benyttet. Østgående trafikk i dette punktet ble satt som trafikken inn i Grønnåsenkrysset fra vest. Vestgående trafikk i dette målepunktet ble satt som trafikk ut av Grønnåsenkrysset i vestlig retning.

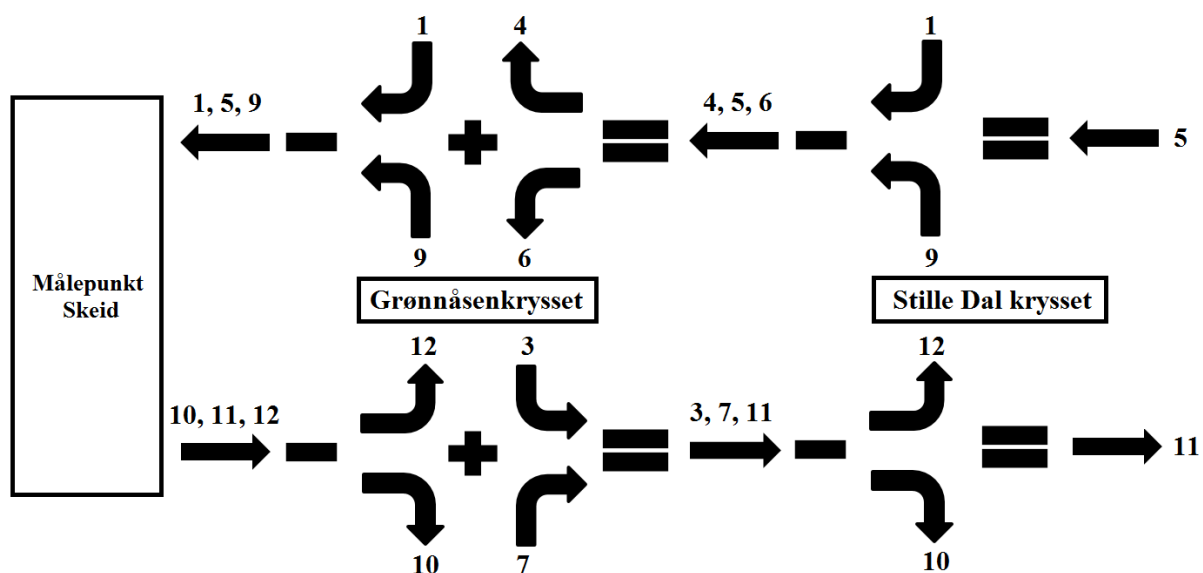
Det er bare data fra 11. januar som er benyttet for beregning av svingebevegelsene 5 og 11 i de to kryssene. Ved å bruke trafikken fra 11. januar i Grønnåsenkrysset videre inn i Stille Dal får man altså trafikkstrømmer fra to ulike dager i krysset. Dette er likevel gjort fordi trafikken er forholdsvis lik begge dagene tellingene foregikk og at trafikktallene vil stemme bedre overens for systemet som helhet, ved å gjøre det slik. Tabell 3.1 er en enkel sammenligning av trafikken i målepunkt Skeid for de to dagene. Sammenligningen viser at det er relativt liten forskjell i trafikken på disse to dagene. Bakgrunnstall for beregningen er å finne i vedlegg D.

Tabell 3.1: Sammenligning av trafikk i målepunkt ved Skeid

Trafikkdata fra målepunkt ved Skeid				
Dato:	07:15 - 08:15	07:15 - 08:15	15:15 - 16:15	15:15 - 16:15
Tid \ Antall kjøretøy [kjt]	Mot vest	Mot øst	Mot vest	Mot øst
11.01.2017	1887	734	868	1998
12.01.2017	1933	718	893	1992
Avvik [%]	+ 2.44	- 2.22	+ 2.88	- 0.30

På målepunktet ved Skeid er det fire kjørefelt og forklarer derfor inndelingen i vedlegget. Meteringsretningen er øst-vest, altså Hunstadmoen mot Skeid. Det gir at felt 1 og 3 har retning mot Skeid, altså Mot vest i tabell 3.1. Felt 2 og 4 går østover mot Hunstadkrysset og utgjør trafikken Mot øst. Avviket er beregnet som endring fra 11. januar til 12. januar i samme tidsrom på dagen. Tabellen viser at det er små avvik i trafikken i de aktuelle tidsrommene disse dagene.

For å bruke tallene fra 11. januar til å beregne svingebevegelse 5 og 11 gjennom hele systemet, ble systemet definert slik som figur 3.9 viser. Beregningen av bevegelse 11 starter ved at bevegelse 10 og 12 trekkes fra trafikken inn i Grønnåsenkrysset. Bevegelse 11 står da igjen og er trafikken rett gjennom krysset. Deretter legges bevegelse 3 og 7 til bevegelse 11. Dette utgjør trafikken videre østover mot Stille Dal krysset. Her trekkes igjen svingebevegelsene 10 og 12 i Stille Dal krysset fra. Svingebevegelse 11 gjennom Stille Dal krysset står da igjen. Denne prosessen illustreres i figur 3.9.

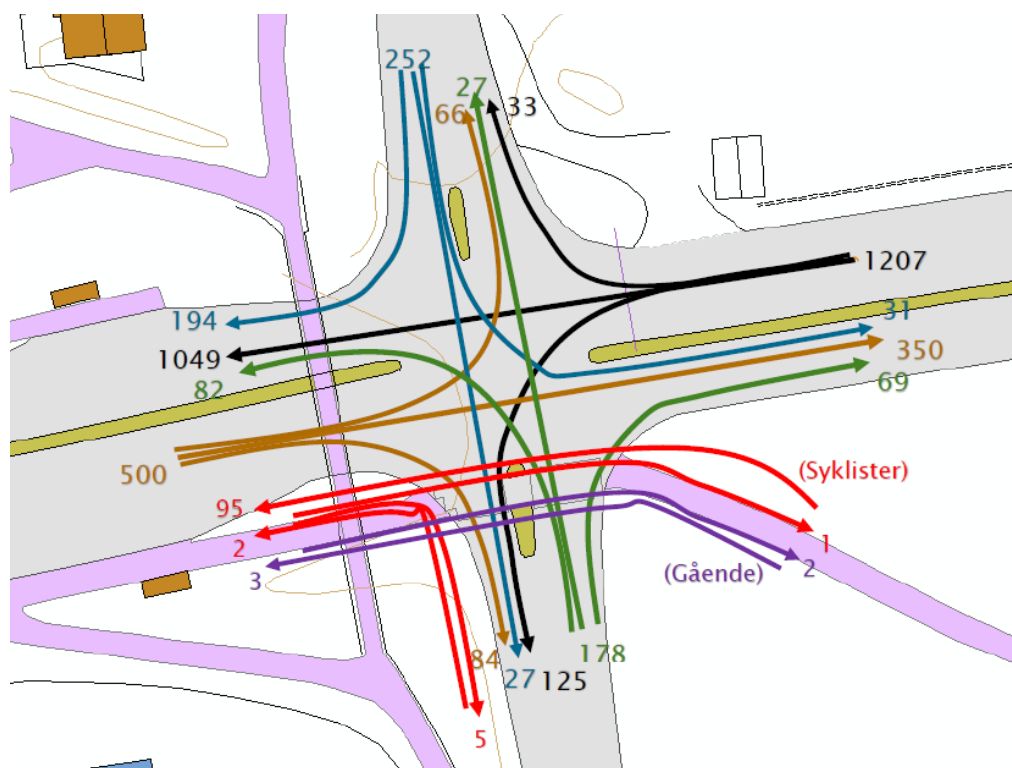


Figur 3.9: Beregning av svingebevegelse 11 og 5 i vegkryssene

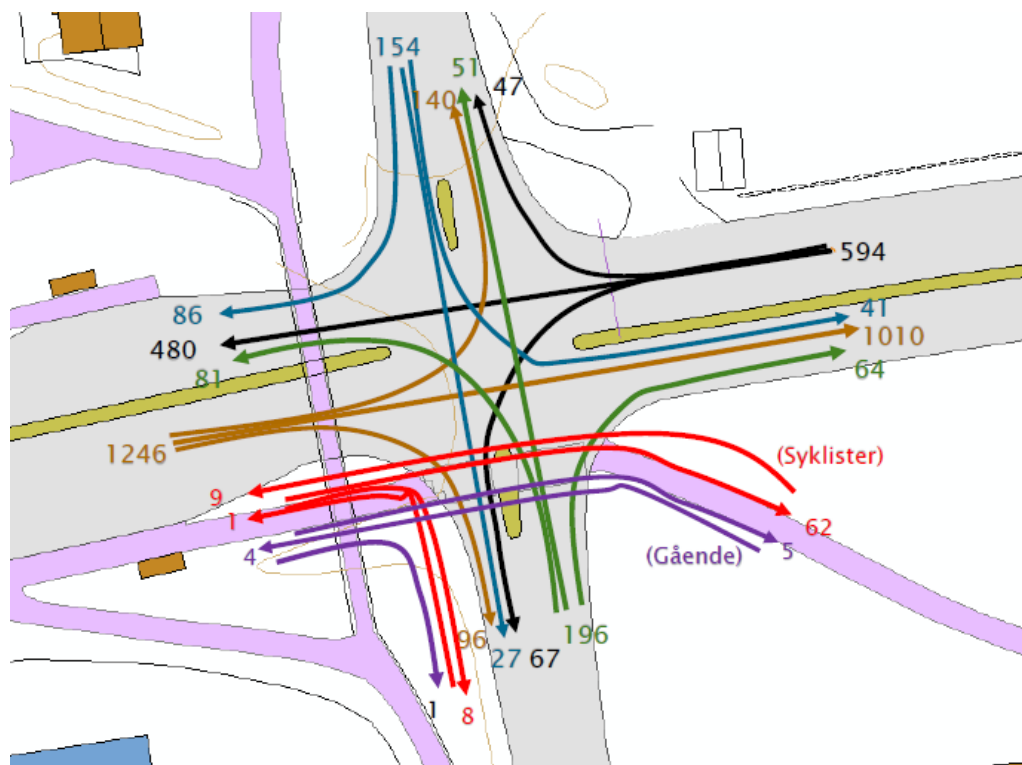
Motsatt retning (øst-vest) er beregnet ved å bruke bevegelsene 1, 4, 5, 6 og 9 i figur 3.7. Det regnes fra vest mot øst. Først trekkes svingebevegelse 1 og 9 fra trafikkkstrømmen ut av Grønnåsenkrysset. Svingebevegelse 5 står da igjen. Deretter legges svingebevegelse 4 og 6 til. Dette utgjør trafikkkstrømmen inn i Grønnåsenkrysset fra Stille Dal krysset. Det samme regnestykke gjentas i sistnevnte kryss. Dette er beregnet for trafikken på morgenen og formiddagen.

Det er også innhentet resultater fra videotellinger utført sommeren 2016 av Statens Veg-

vesen. Resultatene er beskrevet i en rapport (Vegvesen, 2016b) der figur 3.10 og 3.11 oppsummerte disse på en oversiktlig måte. Figurene viser tall og svingebevegelser for biler, syklistene og fotgjengere i tidsrommene 07:00 - 08:00 og 15:00 - 15:45. Ved å summere biler i disse figurene fremstilles tabell 3.2. Tabellen benytter navnsettingen i figur 8.10 på vegarmene inn mot krysset, Grønnåsen nord (GN), Grønnåsen sør (GS), Grønnåsen vest (GV) og Grønnåsen øst (GØ). Tallene er noe lave sammenlignet med tallene i vedlegg D, men bekrefter jevnt høy trafikkbelastning langs casestrekningen gjennom hele året. Det at trafikkbelastningen er høyere på vinterhalvåret noe som kan tyde på at flere velger å gå, eller sykle når det blir høyere utetemperaturer. Det kan også være at den lavere trafikken skyldes at ferieavviklingen er begynt på måletidspunktet.



Figur 3.10: Trafikktelling av Grønnåsenkrysset 30.06.2016, 07:00 - 08:00, (Vegvesen, 2016b)

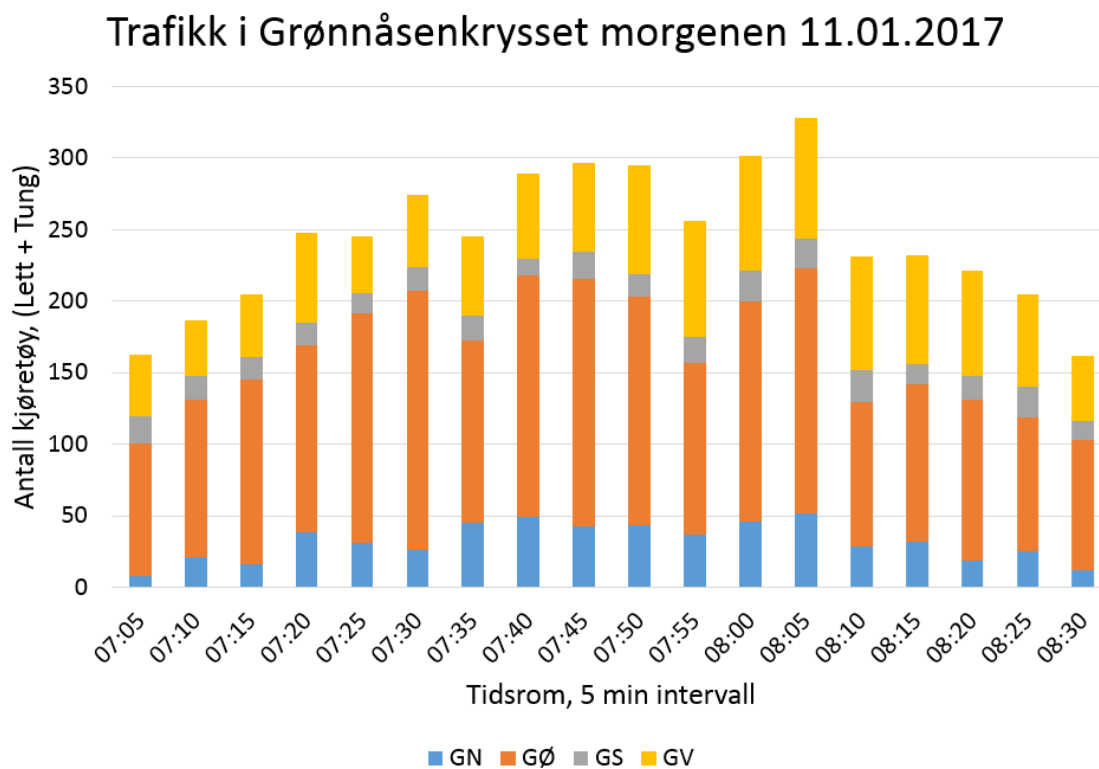


Figur 3.11: Trafikktelling av Grønnåsenkrysset 30.06.2016, 15:00 - 15:45, (Vegvesen, 2016b)

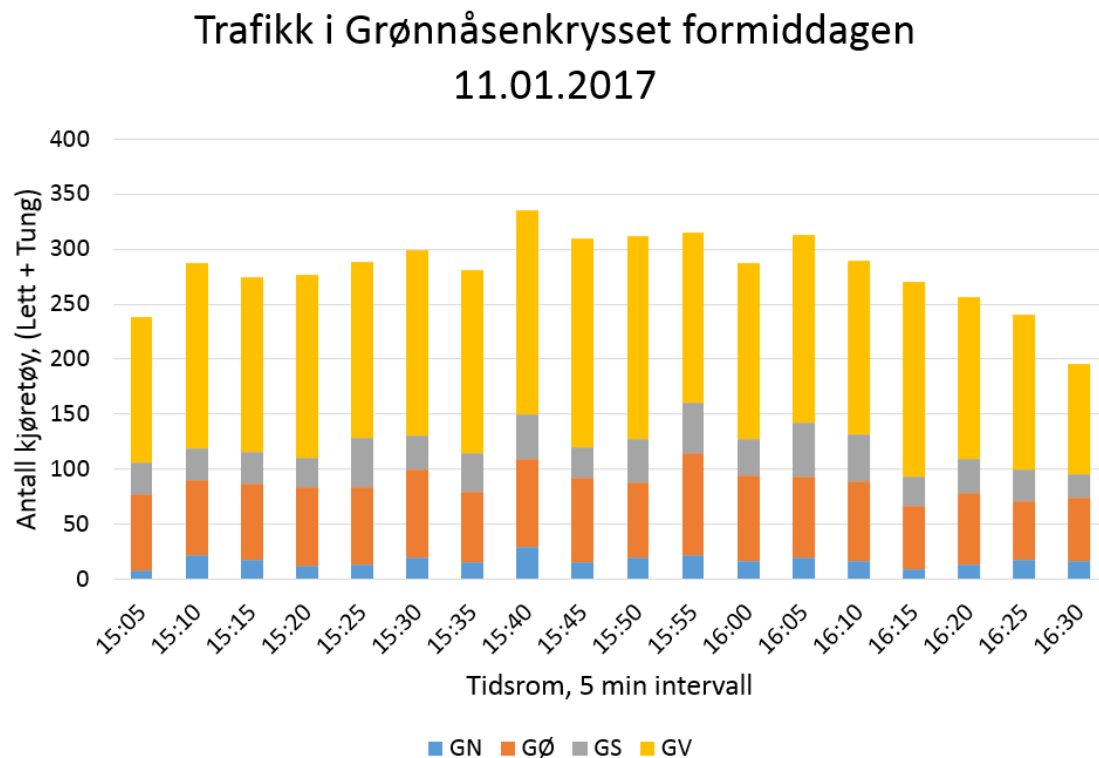
Tabell 3.2: Telling av kjøretøy i Grønnåsenkrysset 30.juni 2016

Kjøretøy i Grønnåsenkrysset morgen 30.06.2016				
07:00 - 08:00				
GN	GS	GV	GØ	Sum
252	178	500	1207	2137
Kjøretøy i Grønnåsenkrysset formiddag 30.06.2016				
15:00 - 15:45				
GN	GS	GV	GØ	Sum
154	196	1246	594	2190

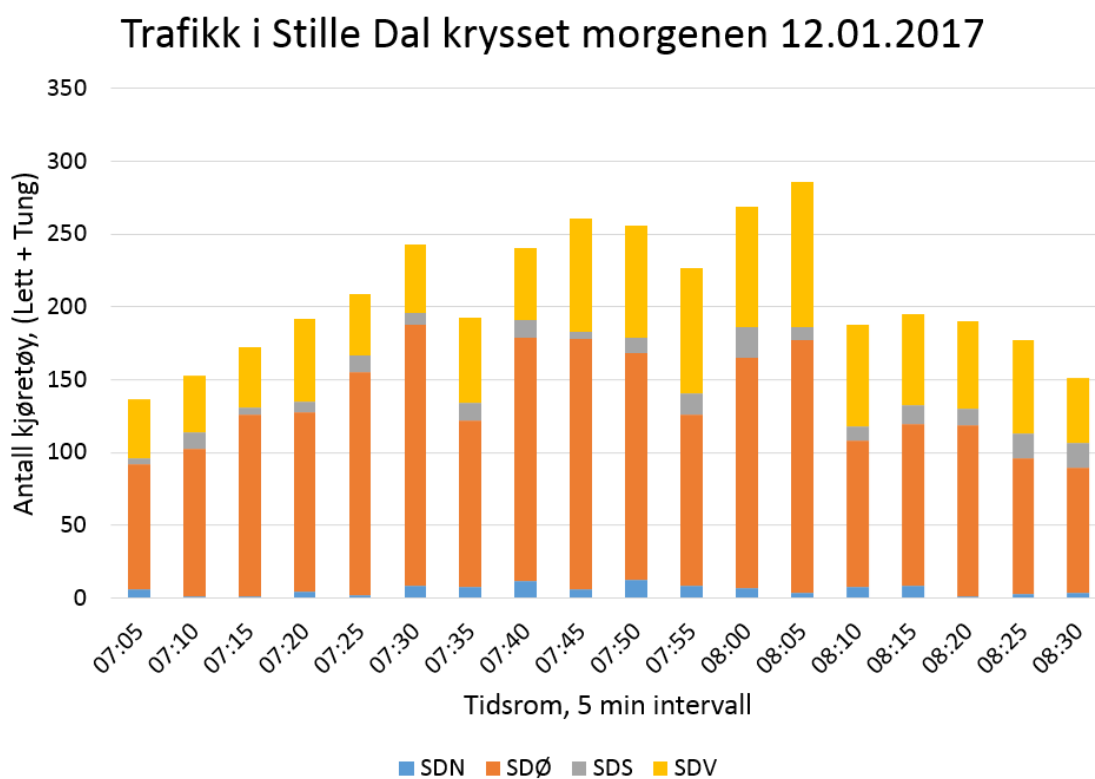
Resultater fra videotellingene 11. og 12. januar presenteres i figurene 3.12 - 3.15. Her er lette og tunge kjøretøy summert for hver av vegarmene for å gi et totalinntrykk av trafikken i kryssene i de aktuelle tidsrommene. Søyler på figur 3.14 og 3.15 er navgitt som Stille Dal nord (SDN), Stille Dal øst (SDØ), Stille Dal sør (SDS) og Stille Dal vest (SDV).



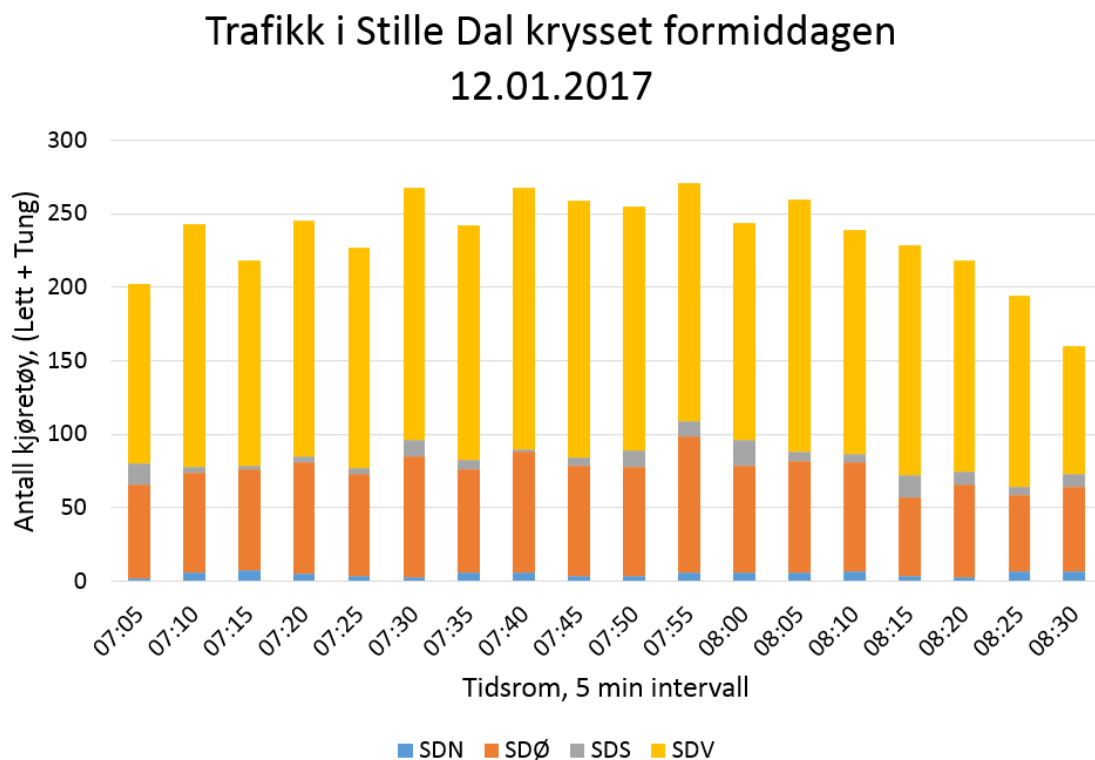
Figur 3.12: Grønnåsenkrysset 11.01.2017, 07:00 - 08:30



Figur 3.13: Grønnåsenkrysset 11.01.2017, 15:00 - 16:30



Figur 3.14: Stille Dal krysset 12.01.2017, 07:00 - 08:30



Figur 3.15: Stille Dal krysset 12.01.2017, 15:00 - 16:30

3.1.2 Kollektivtrafikk

Innhentet data fra rutetabell i de aktuelle tidsrommene er valgt som grunnlag for buss-trafikk. Dette er fordi registreringer av buss på video fra 11. januar stemte godt overrens med rutetabellene. Videoregistreringene avdekket naturlig variasjon i bussenes passeringstidspunkter, ettersom det er rushtid i de aktuelle tidsrommene. Dette tas med inn i modelleringen i kapittel 6. I simuleringsmodellene legges bussrute 1 og rute 4 som beveger seg vest-øst (Skeid-Hunstadkrysset) og øst-vest i caseområdet. Rute 2 kommer inn i caseområdet fra Jensvoll sør i retning øst og fra øst mot sør andre veien. Dette kan leses av rutekartet i vedlegg E. Aktuelle busstopp i dette arbeidet illustreres med gule streker langs strekningen i figur 3.16.



Figur 3.16: Aktuelle busstopp i denne casen, (ortofoto fra *vegkart.no*, (Vegvesen, 2016c))

Rutekartet i vedlegg E viser at seks av åtte bussruter i Bodø og omegn bruker casestrekningen Skeid - Hunstadkrysset. Dette virker som et høyt antall men tre av de seks rutene er langdistanseruter og har få avganger (fylkeskommune, 2017). De tre bussrutene som legges til grunn for busstrafikken i dette arbeidet er derfor rute 1, 2 og 4. Eventuelle langdistanseruter som kjører strekningen i de aktuelle tidsrommene er inkludert i tallene for rute 1 og 4.

Busstrafikk morgen

Busstrafikken for casestrekningen er innhentet fra rutetabellen for en vanlig hverdag (fylkeskommune, 2017). I trafikmodellene i kapittel 6 er trafikkenes makstimer definert som 07:15 - 08:15 (også benevnt som morgenen) og 15:15 - 16:15 (også benevnt som formiddag). Busstrafikk er derfor lest av i disse tidsrommene. For rute 1 og 4 kommer første buss til Skeid i vest kl. 07:15. Antall busser i denne timen på holdeplass Skeid er 11. En av disse bussene er rute 18 og som forlater systemet ved Grønnåsen nord. Dette er i hovedsak en skolerute for bosatte langs Fv. 576 - Soløyvannsvegen, med bare en avgang i

tidsrommet 07:15 - 08:15. Det gjøres dermed en forenkling her ved å ikke ta med denne i datagrunnlaget som en del av busstrafikk i østlig retning, for videre arbeid. Det antas at denne forenklingen ikke vil påvirke validiteten til trafikksimuleringsresultatene i kapittel 8 i nevneverdig grad. Det brukes derfor 10 busser i makstimen fra vest til øst som dimensjonerende busstrafikk i denne retningen i simuleringsmodellene.

Første buss ved Hunstadkrysset, retning øst til vest er rute 1 kl. 07:16. Antall busser i denne retningen i makstimen er 10 og inkluderer rute 4.

Første buss i makstimen for rute 2 fra Stille dal sør mot Hunstadkrysset, ankommer holdeplass Jensvoll Sør kl. 07:19. I denne retningen er det 4 busser i makstimen. I motsatt retning ankommer rute 2 holdeplassen i Hunstadkrysset kl. 07:16 og det er samme antall busser i denne retningen i makstimen.

Antall busser vil i modellene fordeles over makstimen med jevne mellomrom. På denne måten oppnås en tilnærming for busstrafikkbelastning på casestrekningen, uten å legge inn rutetabellen i simuleringsmodellene. Simuleringsprogrammene opererer med antall busser i et tidsintervall. Derfor er denne løsningen valgt for bruk av innsamlet data om busstrafikk. Kort oppsummert i tabell 3.3:

Tabell 3.3: Antall busser i tidsintervallet 07:15 - 08:15

Retning, Rute	Antall buss
Vest - øst, Rute 1 og 4	10
Øst - vest, Rute 1 og 4	10
Sør - øst, Rute 2	4
Øst - sør, Rute 2	4

Busstrafikk formiddag

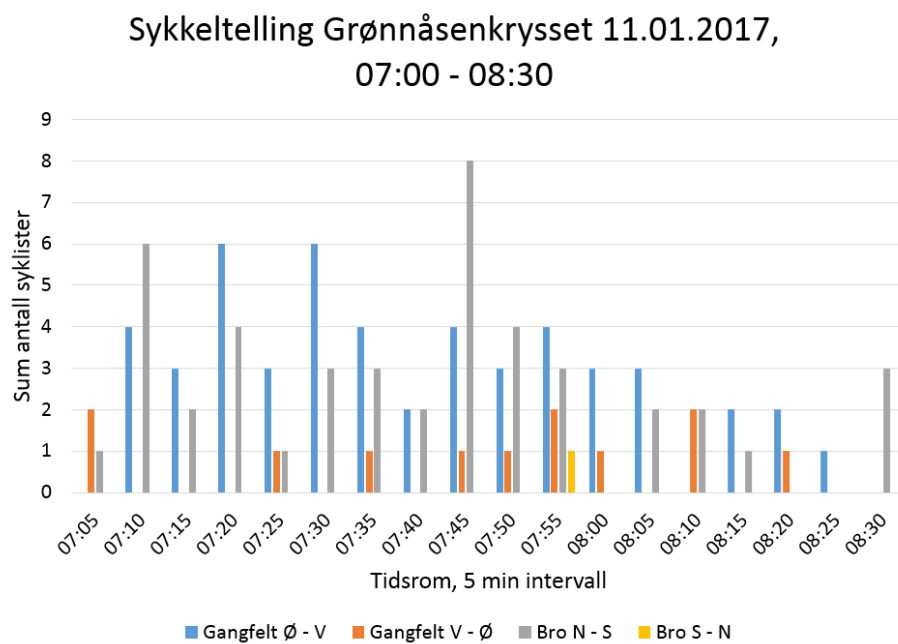
Busstrafikken på formiddagen er avlest på samme måte og vises summert i tabell 3.4. Første buss i retning vest-øst i makstimen er rute 1 ved Skeid, kl. 15:15. I motsatt retning er det rute 1 som ankommer Hunstadkrysset 15:16. For rute 2 kommer første buss i øst-sør retning kl. 15:31. I motsatt retning er rute 2 på holdeplass Jensvoll sør kl. 15:19. Resulterende tabell for busstrafikk på formiddagen er:

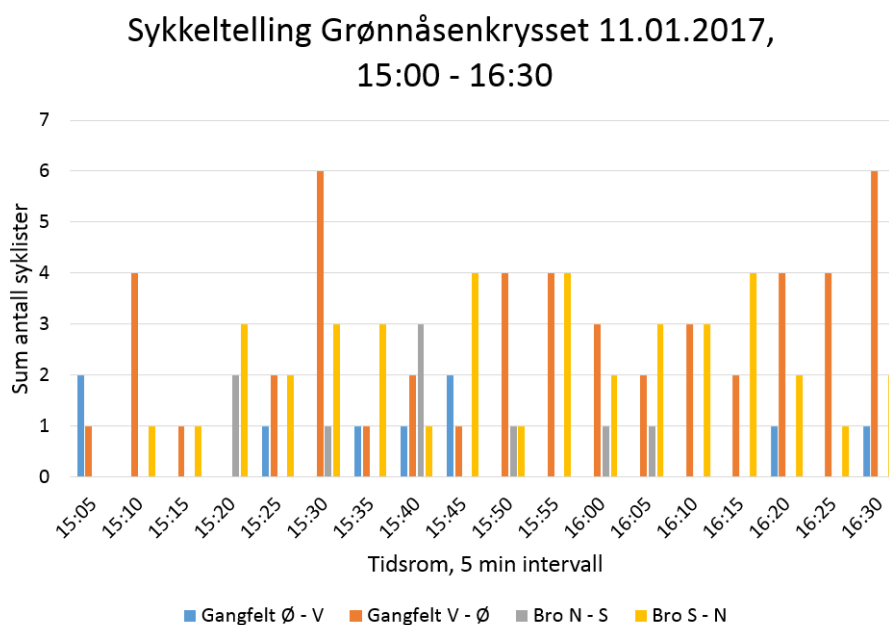
Tabell 3.4: Antall busser i tidsintervallet 15:15 - 16:15

Retning, Rute	Antall buss
Vest - øst, Rute 1 og 4	10
Øst - vest, Rute 1 og 4	8
Sør - øst, Rute 2	4
Øst - sør, Rute 2	2

3.1.3 Sykkel

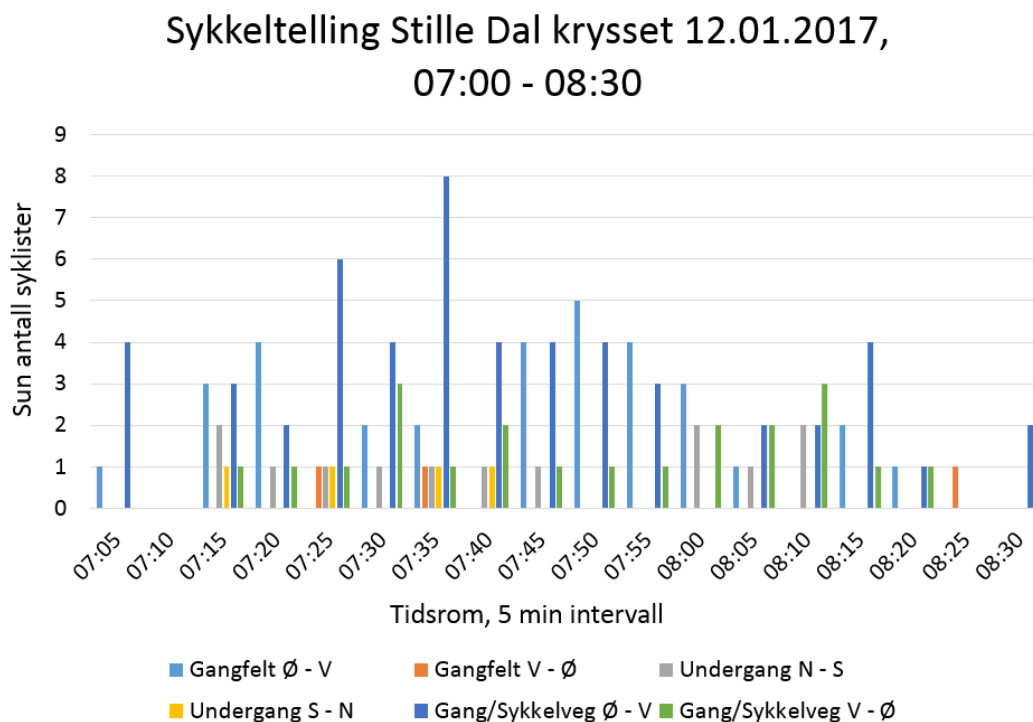
Det er hentet inn noe data om sykkeltrafikken i caseområdet. Fra videotellingene 11 og 12. januar er gang-/sykkelbroen i Grønnåsenkrysset og fotgjengerfeltet talt. Resultatene er presentert i figur 3.17 og 3.18.

**Figur 3.17:** Telling av sykkeltrafikk Grønnåsenkrysset morgen 11.januar

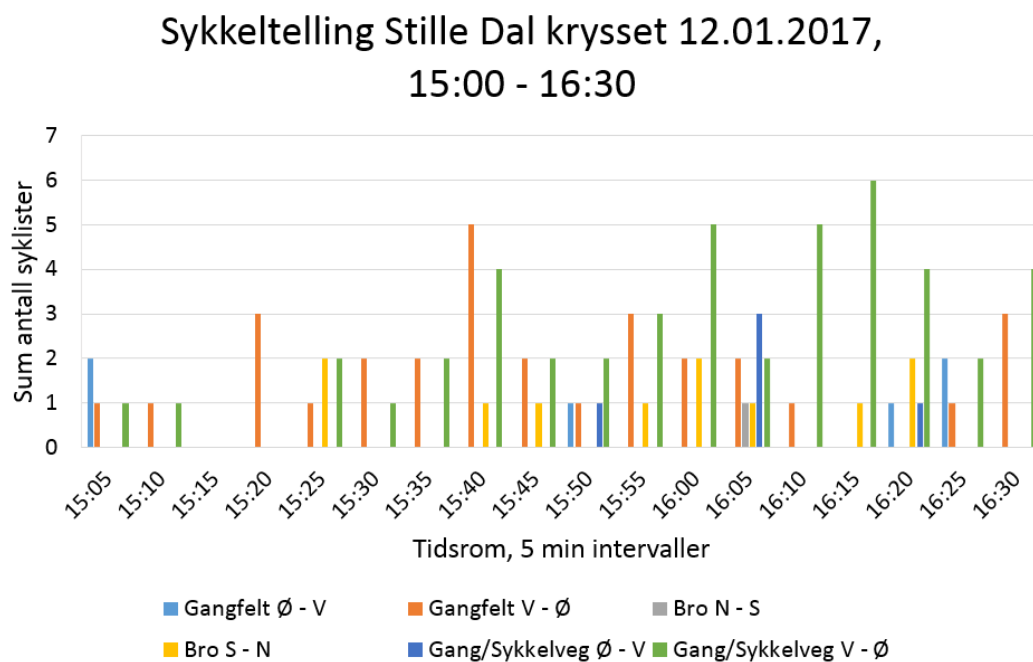


Figur 3.18: Telling av sykkeltrafikk Grønnåsenkrysset formiddag 11.januar

Det samme gjelder Stille Dal krysset hvor sykklister i fotgjengerfeltet og undergangen er talt. Resultatene fra dette gis i figurene 3.19 - 3.20:



Figur 3.19: Telling av sykkeltrafikk Stille Dal krysset morgen 12.januar



Figur 3.20: Telling av sykkeltrafikk Stille Dal krysset formiddag 12.januar

Det er mottatt en rapport fra Statens Vegvesen med telling av all trafikk i Grønnåsen-krysset 30.juni 2016. Resulterende tall fra denne rapporten er gjengitt i figur 3.10 og 3.11. Fra Statens Vegvesen er også gjennomsnittstall for sykklister i deres målepunkt på Skeid mottatt (vedlegg G). Målepunktet er markert i figur 3.8 med gul sirkel.

3.1.4 Fotgjengere

Fotgjengere er ikke talt i dette arbeidet. Dette kommer av at det relativt sett er lavere fotgjengertall i januar enn man vil få i perioder med høyere temperaturer. Dette kunne likevel vært nyttig å gjøre, men det er funnet andre kilder som gir informasjon om disse trafikantene. Tall som gir et inntrykk av antall fotgjengere i kryssområdene er hentet fra busspassasjerstatistikk fra Nordlands fylkeskommune (NFK) og trafikktellingen i figurene 3.10 og 3.11. Busspassasjerstatistikken var inndelt i sum påstigende passasjerer pr. måned, noe som er en for grov inndeling til å kunne gi nyttig informasjon i de aktuelle tidsrommene dette arbeidet skal analysere. Derfor er disse dataene sammenfattet i tabell 3.5. Dette gir et bilde på hvilke holdeplasser som er mest belastet av fotgjengere på casestrekningen.

Tabell 3.5: Antall busspassasjerer pr. busstopp i caseområdet i 2016, fra NFK

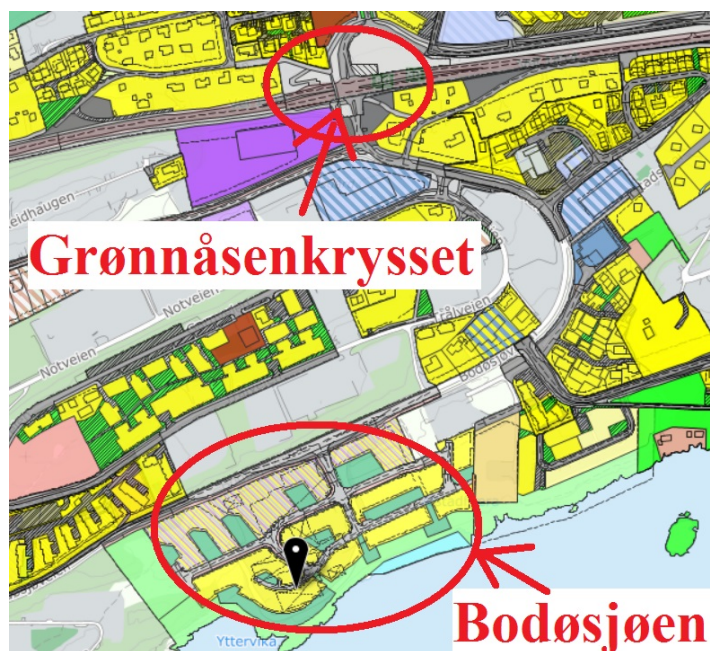
Busspassasjerer 2016						
Retning \ Holdeplass		Skeid	Grønnåsen	Jensvoll	Stille Dal	Hunstadkr.
Bodø sentrum	Bjørndalslia	11441	26955	12051	5810	11781
Bjørndalslia	Bodø sentrum	3518	30911	19928	13177	6044
Totalt		14959	57866	31979	18987	17825

3.1.5 Faseplaner

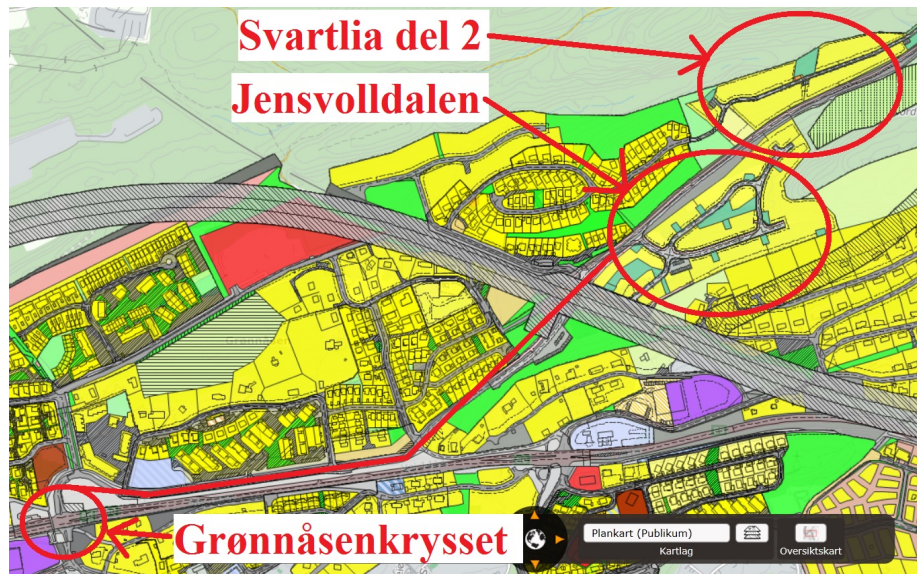
Faseplanene som benyttes i dagens vegkryss er hentet inn og benyttes som utgangspunkt for signalreguleringen som må gjøres i enkelte av konseptene senere i dette arbeidet. Faseplanene ligger i vedlegg H.

3.1.6 Arealplaner fra Bodø kommune

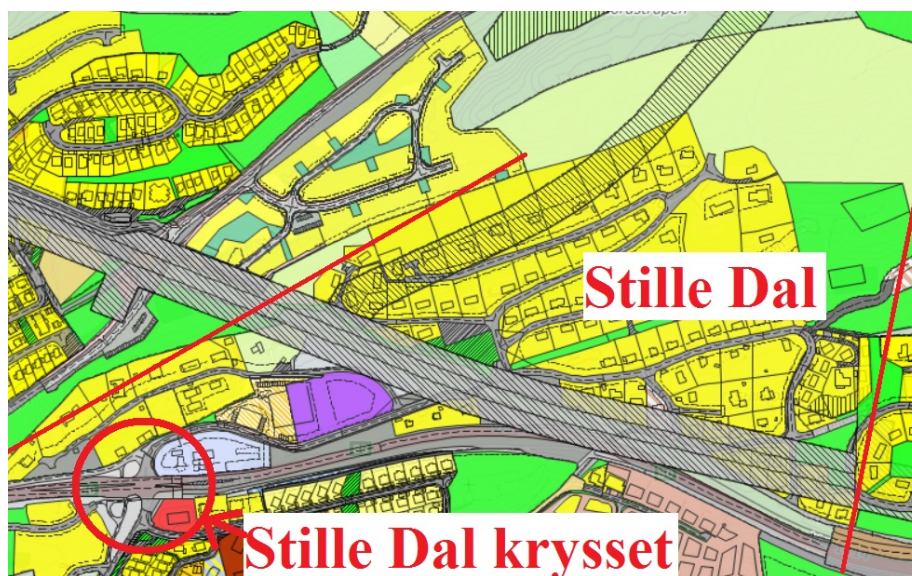
Det er innhentet informasjon fra nettsidene til Bodø kommune om pågående og planlagt bygging av nye boliger i nær tilknytning til caseområdet. Følgende boligfelt som kommer ble funnet.



Figur 3.21: Bilde av reguleringsplan for nye boliger i Bodøsjøen, hentet fra Bodø kommune, (kommune, 2017)



Figur 3.22: Bilde av reguleringsplan for Jensvoll dalen og Svartlia, hentet fra Bodø kommune, (kommune, 2017)



Figur 3.23: Bilde av reguleringsplan for Stille Dal, hentet fra Bodø kommune, (kommune, 2017)

Tabell 3.6: Potensiell ny trafikk i caseområdet fra nye boligfelt i områdene rundt Rv.80

Boligfeltets navn	Anslått trafikkvekst i området (ÅDT)
Bodøsjøen	700
Jensvoll dalen	525
Svartlia del 2	150 - 172

Basert på tabell 3.6 og figurene 3.21 - 3.23 er det tydelig at trafikken i Grønnåsenkrysset vil øke i fremtiden. Alle de tre boligfeltene som ble funnet i kommunens reguleringsplaner vil påvirke dette krysset. Dette kommer i tillegg til estimert generell trafikkvekst i caseområdet og underbygger denne veksten. Trafikken i Stille dal vil i hovedsak påvirkes av estimert generell trafikkvekst i caseområdet. Estimert generell trafikkvekst beskrives nærmere i kapittel 4.

3.1.7 Fra bolig telling

Det er gjennomført en telling av antall boliger tilknyttet Hunstadkrysset, øst for Stille Dal. Dette er boliger som vil generere trafikk som ikke går gjennom tunnelen, men følger gamle Rv.80. Dette beskrives nærmere i kapittel 4 om fremtidssituasjonen.

3.2 Kildekritikk

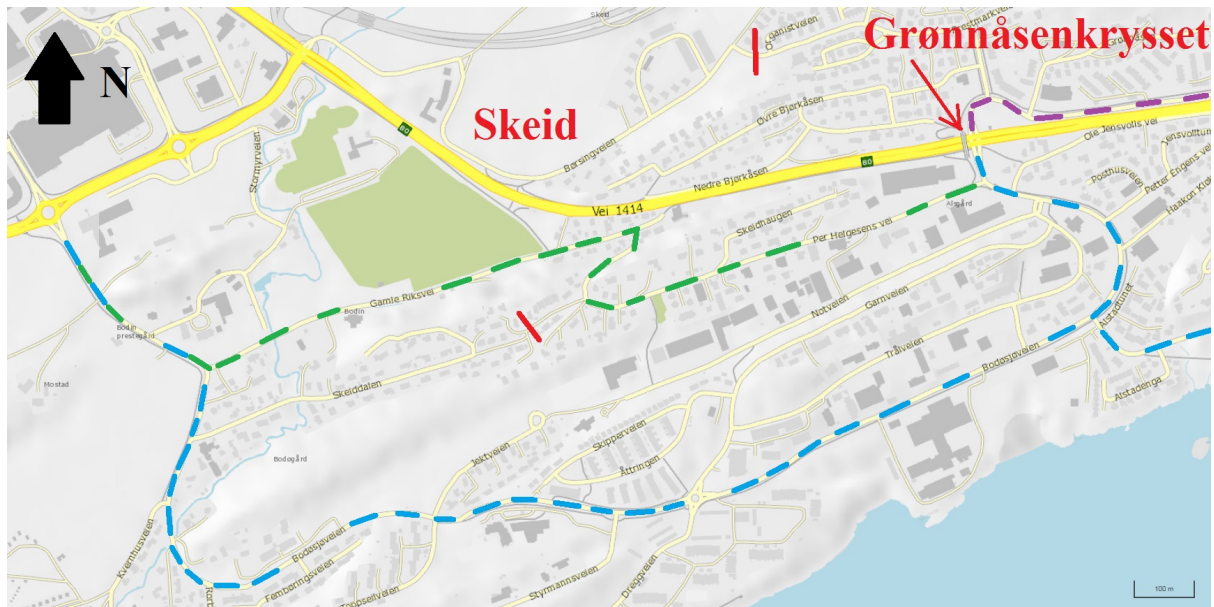
Data kildene denne oppgaven baserer seg på er kvantitative data som trafikktellinger og andre måledata. Dette er data som er gode nok for simuleringer. Stedsspesifikke kvantitative inndata er det nærmeste dagens trafikksituasjon en simuleringsmodell kommer.

4 | Fremtidssituasjon

I forrige kapittel er data for nåtidssituasjonen innhentet og beskrevet. I dette kapitlet skal disse dataene benyttes til å beskrive situasjonen etter at Bodøtunnelen åpnes i 2019. Dette gjøres først ved at nåværende trafikkstrømmer i caseområdet evalueres for påvirkning av den nye tunnelen. Når dette er gjort vil en trafikkendring for de aktuelle trafikkstrømmene beregnes. Denne endringen brukes for å gi nye trafikk tall fra den dagen tunnelen åpnes, heretter definert som tiden ved 0 år etter åpning. Kapitlet avsluttes med et estimat på fremtidig trafikkvekst. Dette er viktig i denne oppgaven for å evaluere om konseptene som foreslås vil fungere på sikt. Denne trafikkveksten vil beregnes 20 år frem i tid etter tunnelåpningen og gi et estimat på trafikksituasjonen på casestrekningen etter 20 år.

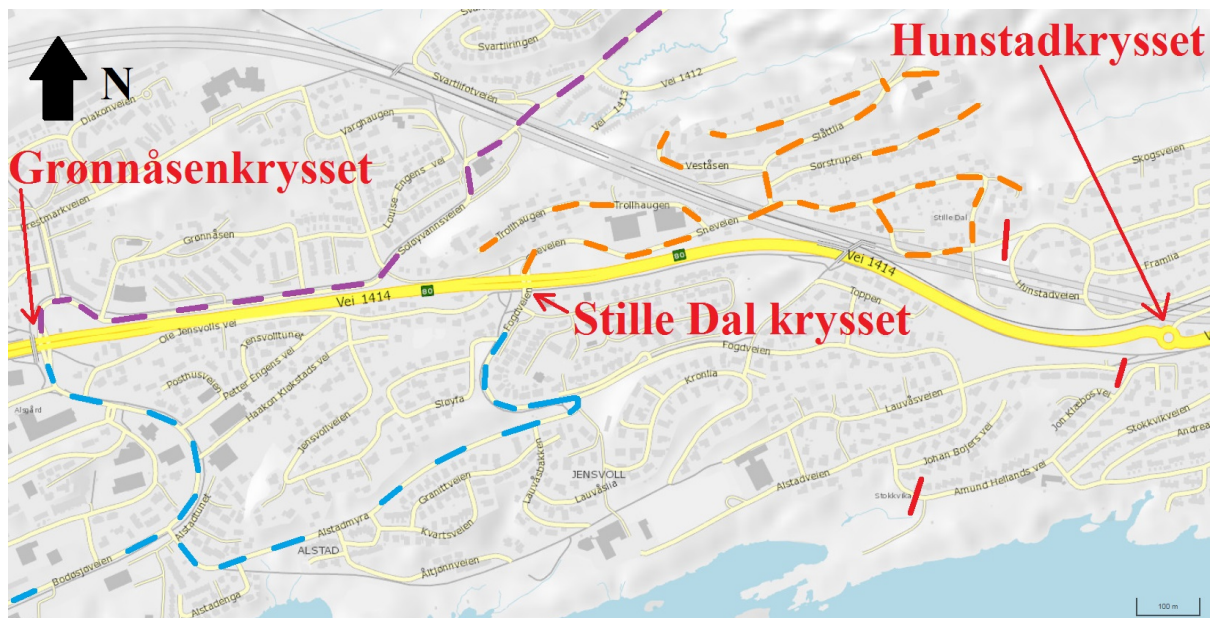
4.1 Dagens trafikkstrømmer

Dagens trafikkstrømmer inn og ut av caseområdet er GV, GN, GS, SDN, SDS, og SDØ, etter figur 8.10 i kapittel 8. Når tunnelen åpner vil GV og SDØ være de trafikkstrømmene som mister gjennomgangstrafikk og reduseres i trafikkmengde. De fire andre trafikkstrømmene antas i dette arbeidet å være de samme som før, også etter tunnelåpningen. Dette kommer av at ingen av disse trafikkstrømmene kan fordele seg på tunnelen. Dette går frem av figurene 4.1 og 4.2. De tykke røde linjene i figurene markerer at disse vegene er sperret for gjennomkjøring. I figuren for caseområdet vest vises alternative kjøreruter markert med stiplet lyseblå og grønn linje, som går utenom Grønnåsenkrysset. Det antas at trafikksituasjonen her forblir uberørt av Bodøtunnelen og at trafikken i GS forblir slik den er i nåtid. For trafikken i GN er det bare den lilla stipletlinjen som knytter bebyggelsen til resten av vegnettets. Figur 4.2 viser at denne lilla linjen fortsetter mot nord-øst. Dette er en landeveg som ikke påvirkes av Bodøtunnelen. Derfor antas det at trafikkstrøm GN forblir den samme ved tunnelåpningen.



Figur 4.1: Caseområde vest, (kartgunnlag fra vegkart.no, (Vegvesen, 2016c))

Det samme gjelder i figur 4.2 caseområdet øst, der man ser at utfartsåren fra den sørlige bebyggelsen er den lyseblå stiplede linjen inn mot GS, SDS eller sør-vestover. Trafikken som genereres fra bebyggelsen i Stille Dal følger de oransje stiplede linjene og utgjør trafikkstrøm SDN. Det antas også at denne trafikkstrømmen er den samme etter tunnelåpning ettersom heller ikke dette området påvirkes av tunnelen.



Figur 4.2: Caseområde øst, (kartgunnlag fra vegkart.no, (Vegvesen, 2016c))

Fra måling 11.01.2017 (vedlegg D) er strekningens ÅDT lik 26718. Ved å dele registrert ÅDT på RTM-beregnet ÅDT finner man et forholdstall som sier hvor mye høyere registrert ÅDT er enn RTM-beregnet ÅDT.

$$\left(\frac{26718}{22610}\right) AADT = 1,182$$

Dette tallet er så benyttet til å justere opp trafikken for gamle Rv.80 fra RTM.

$$1,182 * 10080 AADT = 11911,43 AADT$$

Den oppjusterte trafikken på gamle Rv.80 deles nå på nåtidstrafikken fra 11. januar 2017. Dette gir et tall på hvor mange prosent av nåtidstrafikken som gjenstår etter at tunnelen åpner.

$$\left(\frac{11911,43}{26718}\right) AADT = 0,446$$

Det betyr at gjenværende trafikk langs gamle Rv.80 vil være 44,6 % av nåtidstrafikken. Svingebevegelsene 5 og 11 for de to kryssene kan dermed reduseres til 44,6 % av den talte trafikken 11 og 12 januar 2017.

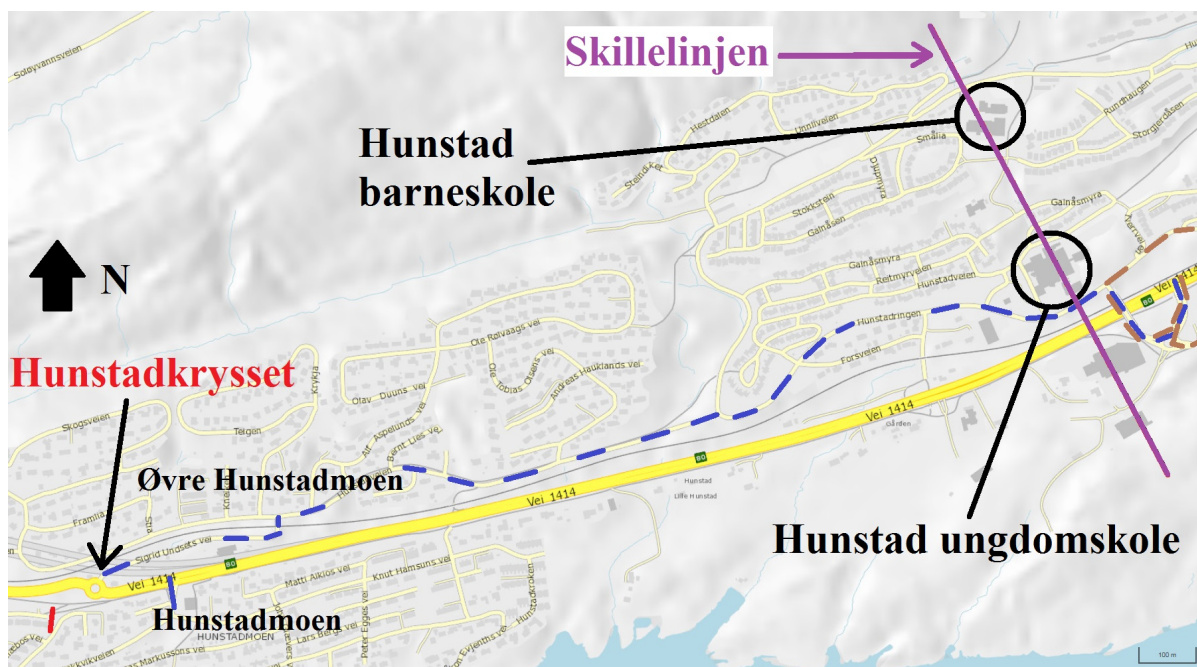
En annen måte å estimere hvordan øst-vest trafikken i caseområdet påvirkes av tunnelen, er å vurdere trafikken inn i systemet fra SDØ basert på bebyggelse. Dette gjøres ved å telle antall boliger tilknyttet Hunstadkrysset. En bolig er i denne tellingen definert som en boenhet med egen adresse, altså enebolig, rekkehus, eller leilighet. Trafikkgenerering fra hver bolig kan så benyttes til å gi estimerer på ÅDT fra et område. Figur 4.4 illustrerer hvordan kryssområdet Hunstadkrysset vil se ut når Bodøtunnelen er ferdigstilt. I krysset ser man at det ikke vil være mulig for trafikk fra Hunstadmoen og Øvre Hunstadmoen å kjøre inn i tunnelen, markert med blå stiplede linjer i figur 4.5. Dette fører til at trafikken som genereres i disse boligfeltene i stor grad vil bruke gamle Rv.80.

Telling av boliger ble gjort ved bruk av (Finn.no, 2017). Her er alle boligenheter talt i bydelene Hunstadmoen og Øvre Hunstadmoen helt frem til den lille skillelinjen i øst. Linjen er trukket rett gjennom Hunstad barneskole og Hunstad Ungdomskole. Linjen er satt her på bakgrunn av trafikkmønstrene i figur 4.6 og 4.7, hvor den samme linjen er trukket. Det virker å være et skille mellom de to veivalgene i dette området der linjen er trukket. Derfor virket det rimelig å anta denne linjen som en begrensning for bolig telling i

østlig retning. Figurene 4.6 og 4.7 er basert på RVU-data og viser hvor trafikken som skal mot henholdsvis Bodøtunnelen og gamle Rv.80 kommer fra. Antall boliger i de aktuelle bydelene ble 1314. Dette er boligene som antas å kunne benytte gamle Rv.80 når de genererer trafikk i vestlig retning.



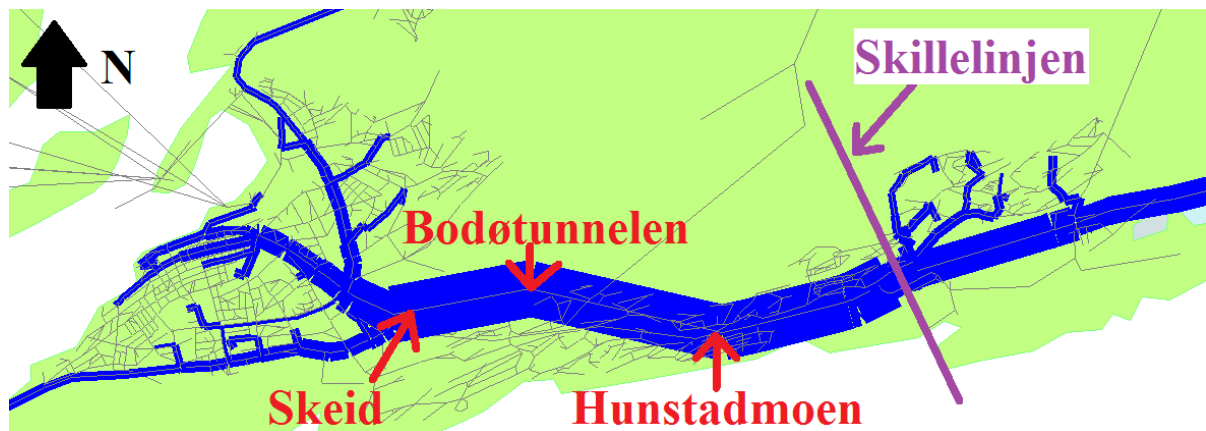
Figur 4.4: Hunstadkrysset etter tunnelåpning, (Bypakke, 2017)



Figur 4.5: Øst for caseområdet, (kartgunnlag fra vegkart.no, (Vegvesen, 2016c))

Det antas i disse beregningene at trafikk fra bydelene øst for den lille skillelinjen benytter

seg av krysset til høyre i figur 4.5, slik de brunstiplede linjene og den blå stiplede linjen illustrerer.



Figur 4.6: Trafikk som kjører mot Bodøtunnelen, (Vegvesen, 2017b)

I figur 4.6 og 4.7 er caseområdet der de bredeste blå feltene er markert. Figurene viser tydelig fra hvilke samlegater og hovedgater trafikk bygger seg opp med intensjon om å kjøre mot casestrekningen.



Figur 4.7: Trafikk som kjører mot gamle Rv.80, (Vegvesen, 2017b)

I denne oppgaven er det innhentet data for casestrekningens trafikk i morgen og ettermiddagsrush. Morgenen 11.januar er trafikken fra SDØ (svingebevegelse 4,5,6) lik 1670 kjøretøy, summert i tidsrommet 07:00 - 08:30. Håndbok V713 *Trafikkberegninger* (Vegvesen, 2014g), gir at turgenerering pr. bolig i snitt ligger på 3,5 turer daglig. Det er så gjort en antakelse om at 1 av disse turene foregår i morgenrushet i nevnte tidsrom. Dette gir 1314 turer på morgenen, noe som ikke tar høyde for at ikke alle husstandene genererer biltrafikk i dette tidsrommet og at ikke alle skal mot vest. Tallet på antall turer kan av

den grunn være lavere, men det kan også tenkes at noen husstander genererer 2 turer i tidsrommet. Usikkerheten i antallet bilturer fra bebyggelsen i morgenrushet er en svakhet ved denne beregningen som kan tale for bruk av RTM-beregningen i videre arbeid. Beregningen fortsetter likevel med figur 3.4 som gir at andelen av bilbruk som fører, er omtrent 62,5 % i bydelen Øvre Hunstadmoen. Denne andelen settes lik for alle boligene i området som er talt. Dette gir: $1314 \text{ boliger} * 0,625 = 821,25 \text{ turer}$. Trekker man så dette tallet fra 1670 kjt, der antall kjøretøy regnes som likt antall turer, får man 848,75 kjt. Det er altså 849 kjt av de talte 1670 kjøretøyene som går gjennom tunnelen. Dette gir at trafikken langs gammel Rv.80 reduseres med 50,8 % til 49,2 % etter tunnelåpning. Dette tallet er i nærheten av 44,6 % som ble resultatet i RTM-beregningen.

Beregningene basert på antall boliger inneholder større usikkerhet enn RTM-basert beregning. Tallet 49,2 % er sannsynligvis for høyt ettersom det forutsetter at 62,5 % av de talte boligene genererer biltrafikk på morgenen. Dette er en av flere usikkerhetskilder som taler for bruk av RTM-basert beregning som grunnlag for beregningen av fremtidstrafikk.

4.3 Trafikkvekst

Beregning av trafikkveksten i caseområdet er gjort basert på trafikkvekstprognoser for Nordland (vedlegg I). Det er nødvendig å estimere trafikkveksten for å kunne fremstille et trafikkbilde for casestrekningen 20 år etter ferdigstilling av Bodøtunnelen. Dette estimatet gjør det mulig å evaluere hvordan konseptene fungerer ved økt trafikkbelastning. I tabell 4.1 er tall fra trafikkvekstprognosene for Nordland er gjengitt i kolonnen ved navn: Vekst % - lette kjøretøy. Egne beregninger med jevn fordeling av prosentprognosen fra 2018 - 2038 gir en årlig gjennomsnittsvækst på 0,759 %, som vist i tabell 4.1.

Tabell 4.1: Beregning av trafikkvekstutvikling for lette kjøretøy i Nordland

År	Vekst % - lette kjøretøy	Utvikling
2018	1,400	1,400
2019	-	1,275
2020	-	1,150
2021	-	1,025
2022	0,900	0,900
2023	-	0,850
2024	-	0,800
2025	-	0,750
2026	-	0,700
2027	-	0,650
2028	0,600	0,600
2029	-	0,583
2030	-	0,567
2031	-	0,550
2032	-	0,533
2033	-	0,517
2034	-	0,500
2035	-	0,483
2036	-	0,467
2037	-	0,450
2038	-	0,433
Gjennomsnitt:		0,759

Beregninger av trafikkvekst over 20 år er gjort slik:

$$X_{20} = X_0 * (1 + p)^n \quad (4.3.1)$$

hvor:

X_0 - Trafikk ved 0 år

X_{20} - Trafikk etter 20 år

p - prosent årlig vekst

n - antall år

Dette gir:

$$1 + 0,00759^{20} = 1,1633$$

Altså en estimert trafikkvekst på 16,33 % over 20 år. Tungtrafikkvekst for caseområdet settes lik veksten for lette kjøretøy. Dette er fordi tungtrafikkveksten på Rv.80 antas å inntreffe i Bodøtunnelen. Tungtrafikkveksten på casestrekningen vil derfor være lavere enn tallene i vedlegg I anslår. Det antas derfor at trafikkveksten for lette kjøretøy gir et tilfredstillende estimat. Dette beskrives nærmere i kapittel 6.

4.4 Resultater av fremtidsberegning

I dette delkapittelet oppsummeres beregningene av fremtidssituasjonen.

4.4.1 Personbiler og tungtrafikk

Når Bodøtunnelen åpner i 2019 vil casestrekningen belastes av nye trafikkmengder. Det er valgt å bruke 44,6 % som faktor fra RTM-beregningene for både lette og tunge kjøretøy i svingebevegelsene 5 og 11 for begge kryssene. RTM-beregningen er valgt fordi den virker å ha lavere usikkerhet enn beregningen gjennom bolig telling. Dette gir resultatene i vedlegg J for trafikken 0 år etter tunnelåpningen. Svingebevegelsene 5 og 11 i begge kryssene er multiplisert med faktoren, noe som gir nye og lavere trafikk tall. For de andre svingebevegelsene er det ikke foretatt noen korreksjon.

For beregning av trafikk etter 20 år vil alle svingebevegelser i kryssene multipliseres med 16,33 %, med unntak av bevegelse 1, 2, 3, 4, 8 og 12 i Stille Dal krysset. Dette kommer av at det ikke er planlagt utbygging av denne bydelen. Bydelen har heller ingen gjennomgangstrafikk fra andre bydeler og derfor antas det ingen trafikkvekst. I de andre delene av casestrekningen er det derimot naturlig å anta en trafikkvekst som følge av nye boliger og påvirkning av trafikkøkning fra andre deler av byen. Bruken av den beregnede trafikkveksten beskrives nærmere i kapittel 6.

4.4.2 Kollektivtrafikk

Det antas i dette arbeidet at tall for busstrafikk for nåtidssituasjonen, tabell 3.3 og 3.4 gjelder ved 0 år etter tunnelåpning. Vurdering av fremtidstall for buss om 20 år er gjort forenklet ved å legge til 2 busser i makstimen på hver bussrute og med forbehold om at rutesystemet forblir det samme som i dag. Dette er gjort for å gi økt trafikkbelastning i fremtidssituasjonen.

Morgen:

Tabell 4.2: Antall busser i tidsintervallet 07:15 - 08:15

Retning, Rute	Antall buss
Vest - øst, Rute 1 og 4	12
Øst - vest, Rute 1 og 4	12
Sør - øst, Rute 2	6
Øst - sør, Rute 2	6

Formiddag:

Tabell 4.3: Antall busser i tidsintervallet 15:15 - 16:15

Retning, Rute	Antall buss
Vest - øst, Rute 1 og 4	12
Øst - vest, Rute 1 og 4	10
Sør - øst, Rute 2	6
Øst - sør, Rute 2	4

4.4.3 Sykkel og fotgjengere

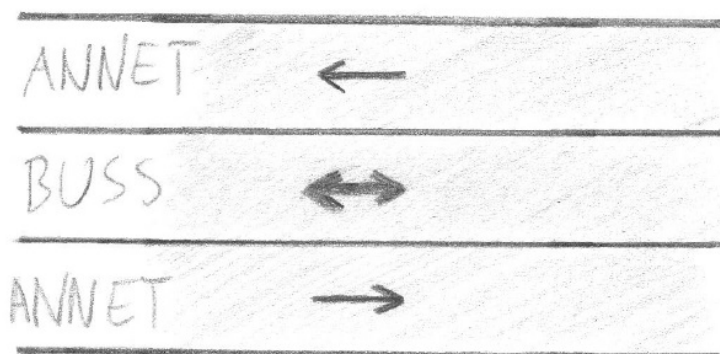
Det er ikke gjort beregninger for fremtidig vekst av fotgjengere og syklister. Det antas at et bedre busstilbud kan gi reduksjon i antall bilister. Det antas også at et bedre sykkelnett vil gi økning i antall syklister. Innbydende løsninger for fotgjengere og syklister kan bidra til å øke andelen av disse trafikantgruppene i caseområdet.

5 | Skissefase

Dette kapitlet presenterer ideer og løsninger fra arbeidets (kreative) skissefase. Arbeidet er utført med papir og blyant. De mest interessante skissene er scannet og presentert her.

5.1 Strekningsløsning 1 - Reversibelt kollektivfelt

Ideen kom etter inspirasjon fra BRT-tankegang, å tenke jernbane men med buss. Denne løsningen er aktuell for 3-feltsveger med rushtidsregulert midtfelt. Dette midtfeltet kan gjøres om til et kollektivfelt med trafikk i begge retninger og dermed fremme buss som transportmiddel. Det er ikke mulig å bygge dagens veg om til 4-felt med 2 kollektivfelt, fordi det vil kreve store inngrep i sideterrenget. Denne ideen er derfor en mulighet for å gi casestrekningen kollektivfelt.



Figur 5.1: Ett midtstilt kollektivfelt med trafikk i begge retninger

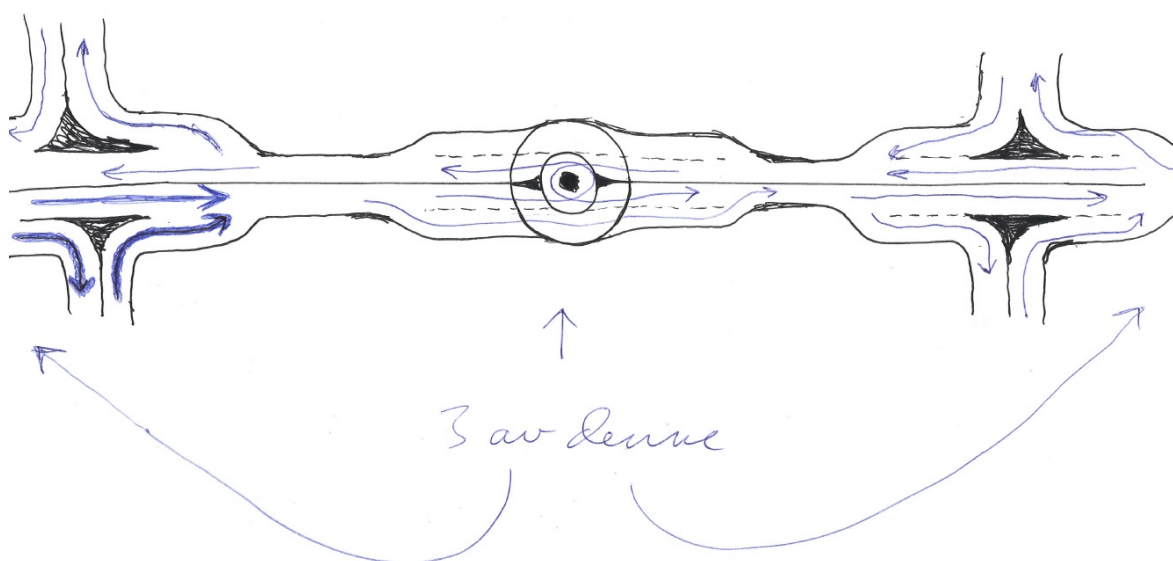
Figur 5.1 er en enkel illustrasjon av ideen. Denne bruken av en 3-feltsveg eksisterer med rushtidsregulert midtfelt for buss, som beskrevet i litteraturstudiet. Når rushtidsregulering benyttes vil kollektivfeltet være dårlig utnyttet, sammenlignet med kapasiteten det

besitter. I litteraturstudien blir et slikt system beskrevet i vegvesenets Rapport nr.519 (Vegvesen, 2016a). Dette er også en løsning som er benyttet i Eugene, Oregon (APTA, 2010), som beskrevet under 2.1.1 i litteraturstudiet.

Den tenkte løsningen i denne oppgaven skiller seg fra løsningene med rushtidsregulering ved at den ønsker bedre utnyttelse av midtfeltet. Det aktuelle feltet på casestrekningen har kjørefelt på hver side gjennom hele området. Dette åpner for en mer aktiv bruk av feltet ved at busser enkelt kan vike ved møter. Casestrekningen er en hovedveg med slak kurvatur og gode siktforhold. I datainnsamlingsarbeidet ble det funnet at strekningen har opp til 10 busser i hver retning i timen, mellom Skeid og Jensvoll. Strekningen Jensvoll til Hunstadkrysset vil belastes med opp til 14 busser i timen. Dette betyr at det i snitt er litt over 4 minutter mellom hver buss på sistnevnte strekning. Ett midtstilt kollektivfelt på 3-feltsvegen kan tenkes å utnyttes bedre ved at busser kan benytte dette feltet til enhver tid i begge retninger. Dette kan gjøres enten ved vikeplikt eller en kombinasjon av vikeplikt og ITS-løsninger. Ved å bruke vikeplikt som regulering tenkes det at sidefeltene med blandet trafikk kan benyttes ved behov. For eksempel at to busser som beveger seg mot hverandre, har som en regel at den som beveger seg med russtrafikkens retning har forkjørsrett. Resten av dagen kan den bussen som møter minst problemer med å legge seg ut i sidefeltet vike. Dette kan gjøres på sjåførenes skjønn. Holdeplassene kan legges i midten av vegen på steder der vegen kan utvides til 4-felt med 2-felt for buss og det er plass til venteareal for busspassasjerene, slik figur 5.4 illustrerer. Passasjerene må da passere over bilvegen, noe som må sikkerhetsvurderes. Denne løsningen vil drøftes nærmere i kapittel 9.

5.2 Strekningsløsning 2 - Snukryss

Ideen kom fra tanken om at en god løsning for kollektivtrafikk ikke nødvendigvis måtte bestå av egne kollektivfelt og prioritering med ITS-systemer. Ideen i denne løsningen er å flytte svingebevegelser som er i konflikt med hovedvegen bort fra opprinnelig kryssområde. Dette er venstresvingende- og rett frem trafikk. Ved å flytte disse til et snupunkt bortenfor opprinnelig kryssområde, oppnås et vikepliktsregulert system. I dette systemet er det bare kjøretøy som skal rett frem i snupunktet som vil ha vikeplikt for de som skal svinge til venstre. Det viste seg etterhvert at slike kryssløsninger er beskrevet som Bowtie intersections (Sløyfekryss) på nettsiden alternativeintersections.org (Intersections.org, 2017). Dette er altså ikke en original løsning som fremkommer av denne oppgaven, men den utformes og tenkes anvendt på en anderledes måte i dette arbeidet. Dette gjør at ideen i dette arbeidet skiller seg noe fra sløyfekryss. Kryssløsningen får derfor navnet Snukryss i det videre arbeidet. Et engelsk navn kan være *Turnabout* eller *U-turnabout*.

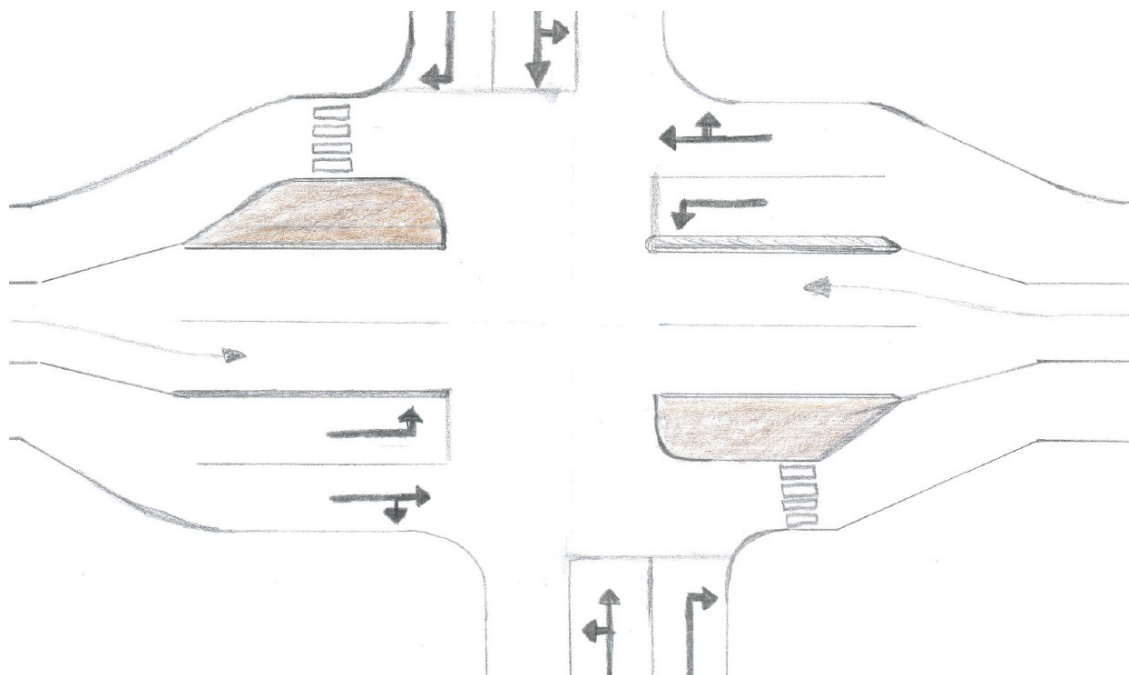


Figur 5.2: Snukryss i system

Kryssene i endene av det skisserte systemet i figur 5.2 forestiller til venstre Grønnåsen- og Stille Dal krysset til høyre. Det er altså behov for tre Snukryss i dette systemet for å dekke alle svingebevegelsene i de opprinnelige kryssene.

5.3 Kryssløsning 1 - Lysregulert i system med ett kollektivfelt

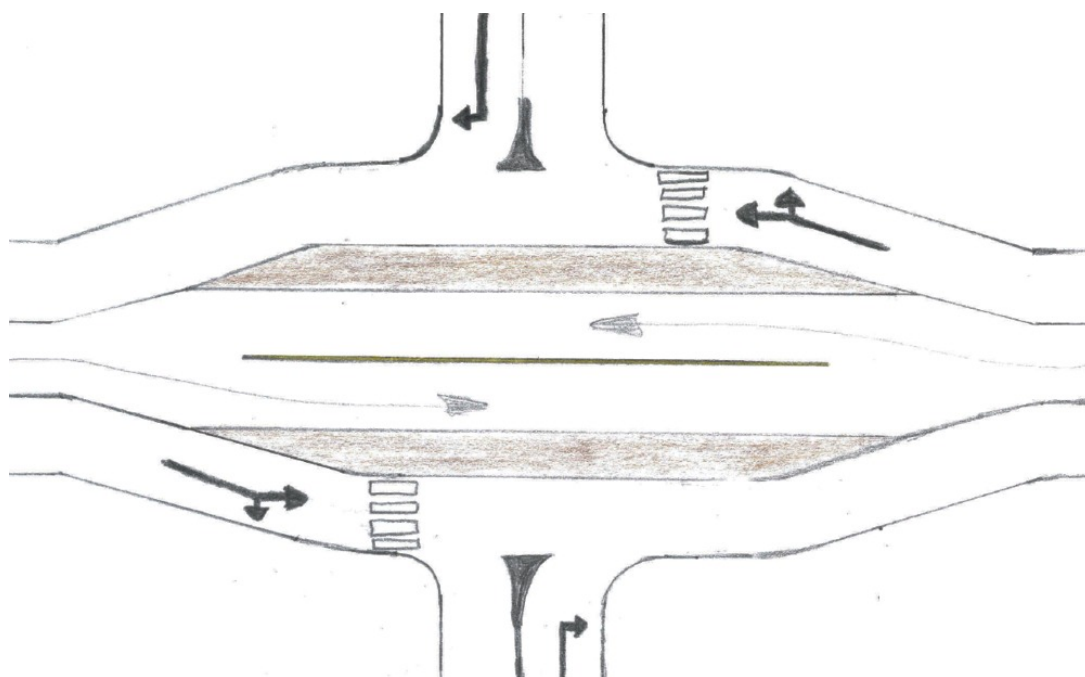
Figur 5.3 er et forslag som viser hvordan to midtstilte kollektivfelt kan legges gjennom et lysregulert kryss, med utgangspunkt i at det er en trefelts løsning som benyttes for strekningen. Dette kan også gjøres for 2-felts strekningsløsning der kollektivtransport får to felt i kryssområdet. Fotgjengerovergangene kan gjøres tryggere ved lysregulering, opphøyning, nedsatt fartsgrense og ved å øke avstanden fra kryssområdet.



Figur 5.3: Lyskryss med to midtstilte kollektivfelt gjennom

5.4 Holdeplass i kryssområdet

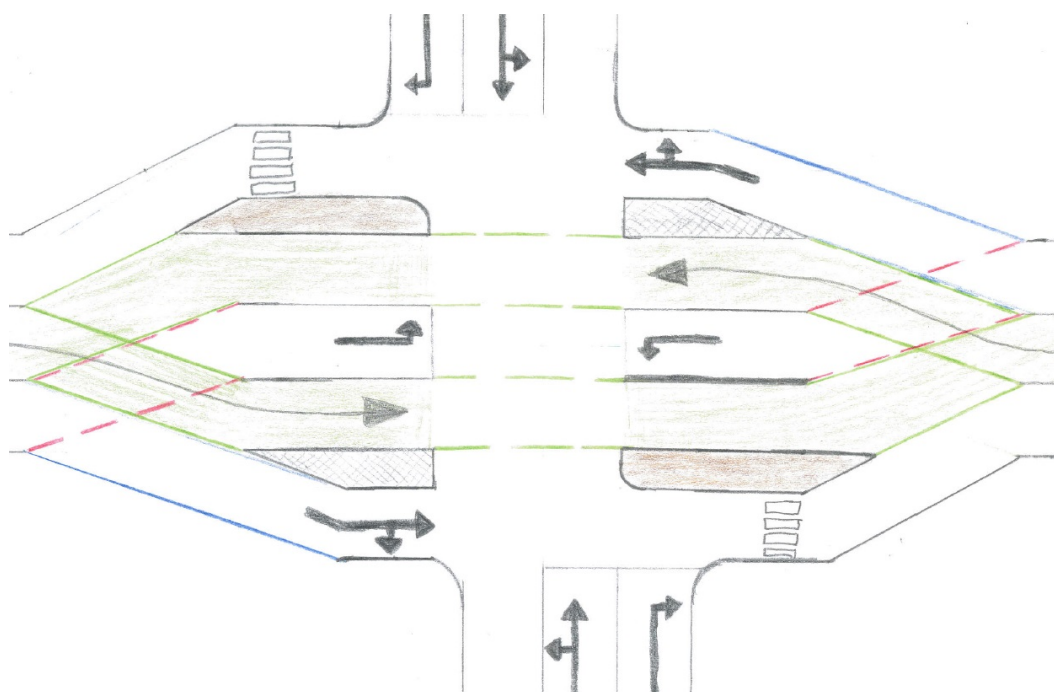
Figur 5.4 er en illustrasjon av et vegkryss uten venstresving. Dette gir uavbrutt kollektivtrafikk gjennom krysset. Det antas også at annen trafikk vil ha bedre flyt gjennom et slikt kryss, da antall konflikterende bevegelser reduseres. Et slikt kryss kan i teorien være vikepliktsregulert, men med større trafikkvolumer bør de to T-kryssene lysreguleres eller utvides med flere felt. Krysset gir meget god arealutnyttelse. Fotgjengere kan slippes inn og ut av kryssets venteområder for busspassasjerer med de samme tiltakene som nevnes i 5.3



Figur 5.4: Plassering av holdeplass midt i vegkryss

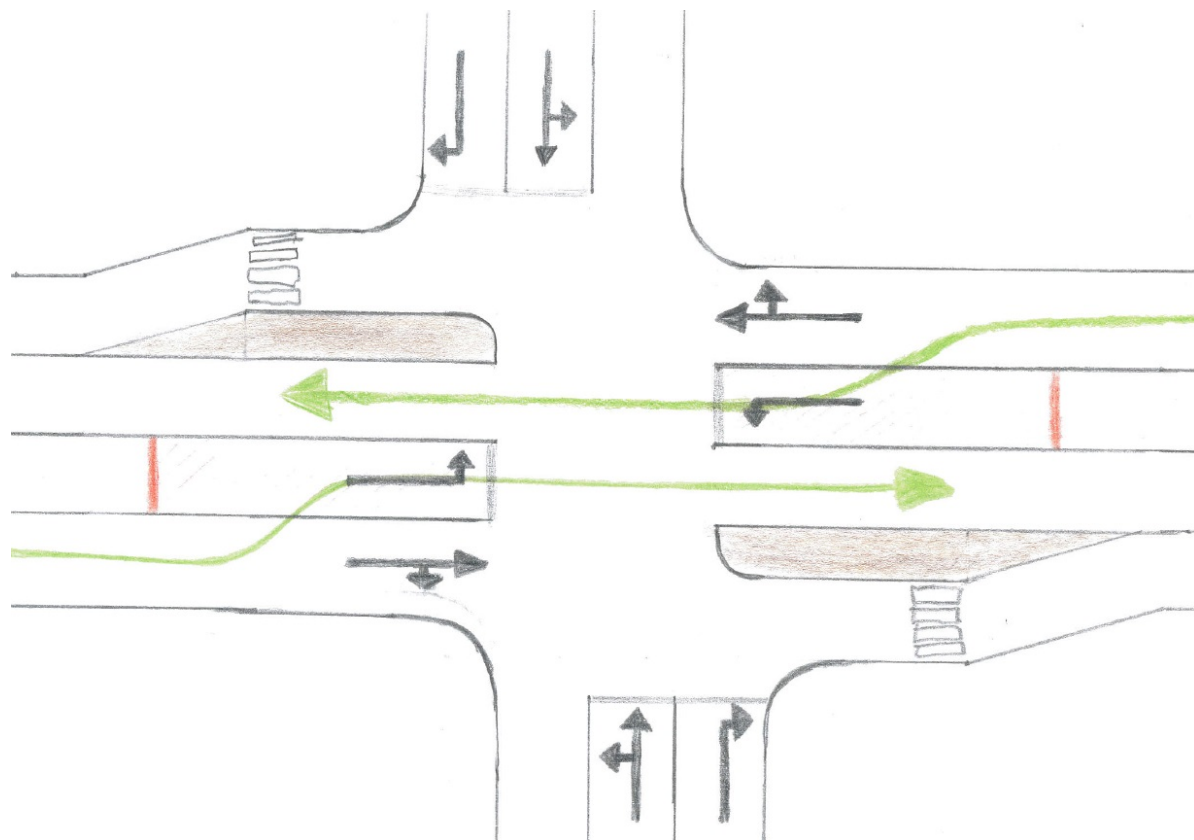
5.5 Kryssløsning 2 - Lysregulert med venstresvingende trafikk i sentrum

I figur 5.5 er en alternativ utforming til den presentert i figur 5.3. En utfordring i denne kryssløsningen er feltskifte-bevegelsen merket med røde stiplede linjer. Dette er en bevegelse som kommer i konflikt med kollektivtrafikk (grønnfarget område). Oppsamling av venstresvingende kjøretøy kan føre til kølengder som blokkerer for buss som skal passere. Det kan kanskje løses med lysregulering og da slippe venstresvingende trafikk frem i tilstrekkelig tid før bussen skal til å passere. Dette vil utforskes nærmere i modellering av kryssløsningen.



Figur 5.5: Venstresving sentralt i kryss

5.6 Kryssløsning 3 - Kø-flytting

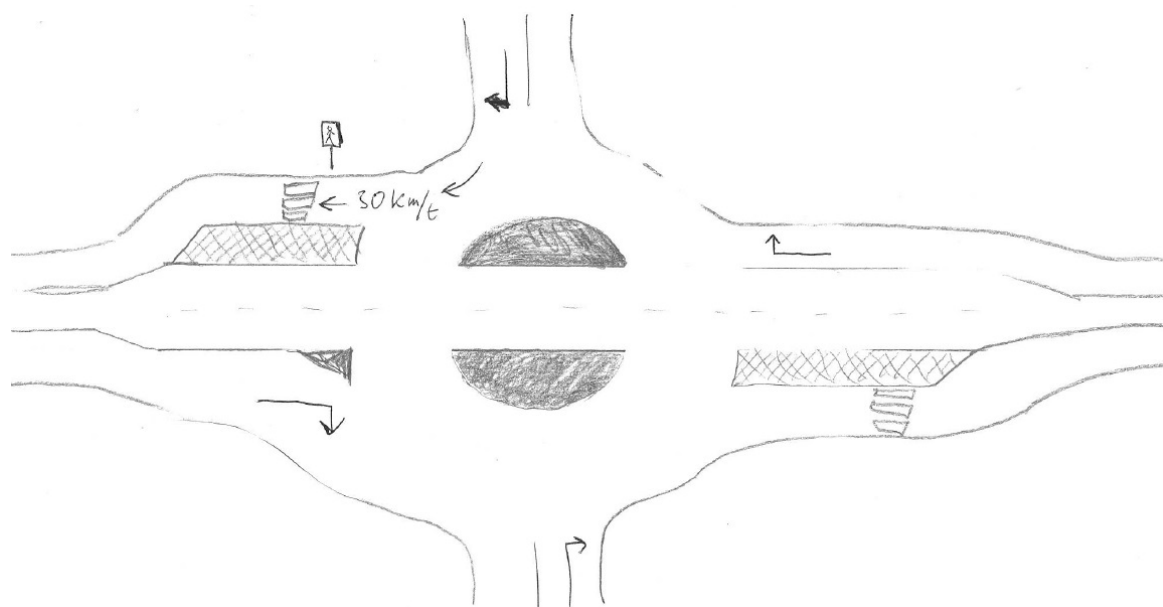


Figur 5.6: Stansing av andre kjøretøy for å slippe frem buss

Krysset i figur 5.6 benytter tankegangen presentert i (Higginson, 1999). Dette går ut på å stanse annen trafikk slik at kollektivtrafikk får slippe frem. De grønne pilene illustrerer bussenes bevegelser i et slikt kryssområde. De svakt rødskraverte feltene med rød strek i forkant, er lyssignaler for venstresvingende trafikk som her må vike når en buss kommer. Krysset gir god arealutnyttelse og illustrerer hvordan buss kan prioriteres ved smartere bruk av tilgjengelig vegbane.

5.7 Kryssløsning 4 - Rundkjøring med midtstilt kollektivfelt og sidestilte busstopp

Denne løsningen er tatt med for å evaluere den opp mot de andre løsningene. Den er vanlig for sporveger men er også tatt i bruk for busstrafikk her til lands. Figur 5.7 viser hvordan kollektivtrafikk kan passere rundkjøringen uten å utføre svingebevegelser. Her er det tenkt å prøve busstopp etter at rundkjøringen er passert. Denne løsningen kan reguleres med vikepliktighet for bussen som skal passere. Dette vil stille store krav til sikt og trafikksikkerhet, noe som kan gjøre en slik regulering omfattende. En mer forsvarlig regulering er lyssignaler, der konflikterende trafikk for bussen stoppes ved bussens ankomst. En fordel med lysregulering og det å ha busstoppene etter rundkjøringen, er at buss passerer rundkjøringen i en bevegelse. Dette reduserer antall hindringer for andre kjøretøy ved at bussen passerer hele krysset i en fase.



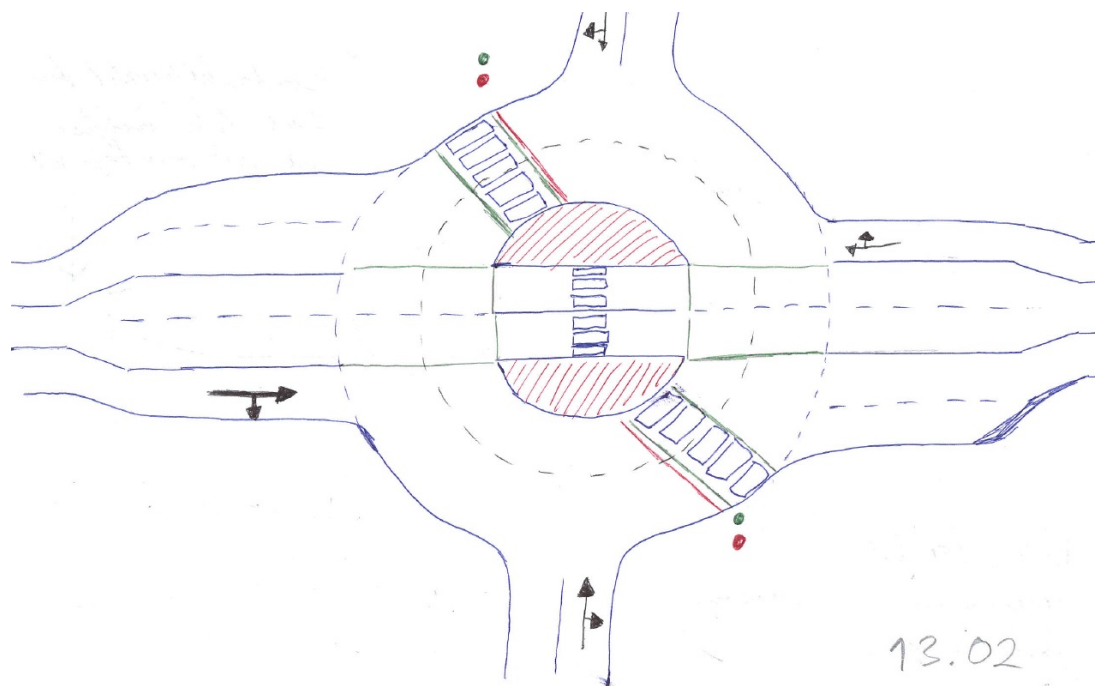
Figur 5.7: Rundkjøring med midtstilt kollektivfelt

I denne kryssløsningen vil fotgjengeravviklingen være en utfordring. Her kan det tenkes at senking av fartsgrensen for utkjørslene fra rundkjøringen til 30 km/t der fotgjengerfeltet ligger og å legge inn fartshump, er tilstrekkelige sikkerhetstiltak. Det bør også tilstrebes god sikt for kjøretøy som svinger av og mot dette fotgjengerfeltet. Det bør også vurderes nærmere om lysregulering av fotgjengerfeltene må inkluderes.

5.8 Kryssløsning 5 - Rundkjøring med midtstilt kollektivfelt og holdeplass i sentraløy

Denne løsningen stiller enda større krav til fotgjengernes sikkerhet enn kryssløsning 4. Her vil bussen prioriteres i to faser. En fase inn og en fase ut av sentraløya. Dette gir flere men hurtigere avbrudd for sirkulerende trafikk.

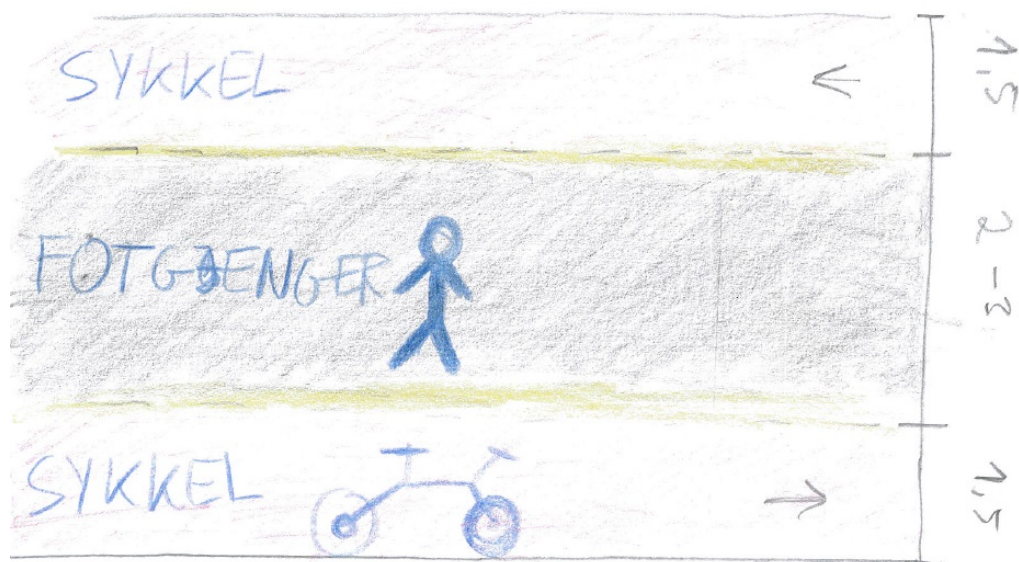
En viktig utfordring her er kapasiteten på holdeplassen. Stiller det seg opp 2 eller flere busser samtidig, kan det påvirke rundkjøringens sirkulasjonsareal. Dette må tas høyde for i modellering.



Figur 5.8: Rundkjøring med midtstilt kollektivfelt og sentrert holdeplass

5.9 Sykkelfelt på gangveg

I figur 5.9 er ideen om å legge sykkelfelt langs gangvei illustrert. Dette virker ved første øyekast unødvendig da en vanlig gang-/sykkelveg tjener det samme formålet. En slik utforming kan likevel tenkes å ha flere fordeler. Syklistene slipper å ligge mellom biler og fortauskant, ved at sykkelfeltene bygges slik som figuren viser. Dette vil føles tryggere for syklister. For forgjengerne vil de vite hvor syklistene kommer om det er noen bakfra som skal forbi, sammenlignet med vanlig gang-/sykkelveg. På vinterstid kan snø lagres i sykkelfeltet, da både antall syklister og gående kan være noe redusert. Utformingen er tenkt i et plan slik at snørydding også forenkles sammenlignet med løsninger der fotgjengerfelt og sykkelveg ligger i hvert sitt plan. Det kan spares areal mellom sykkelveg og gangvei, istedet for å bygge disse separat. At syklistene flyttes ut av vegbanen har også en trafikksikkerhetsgevinst.



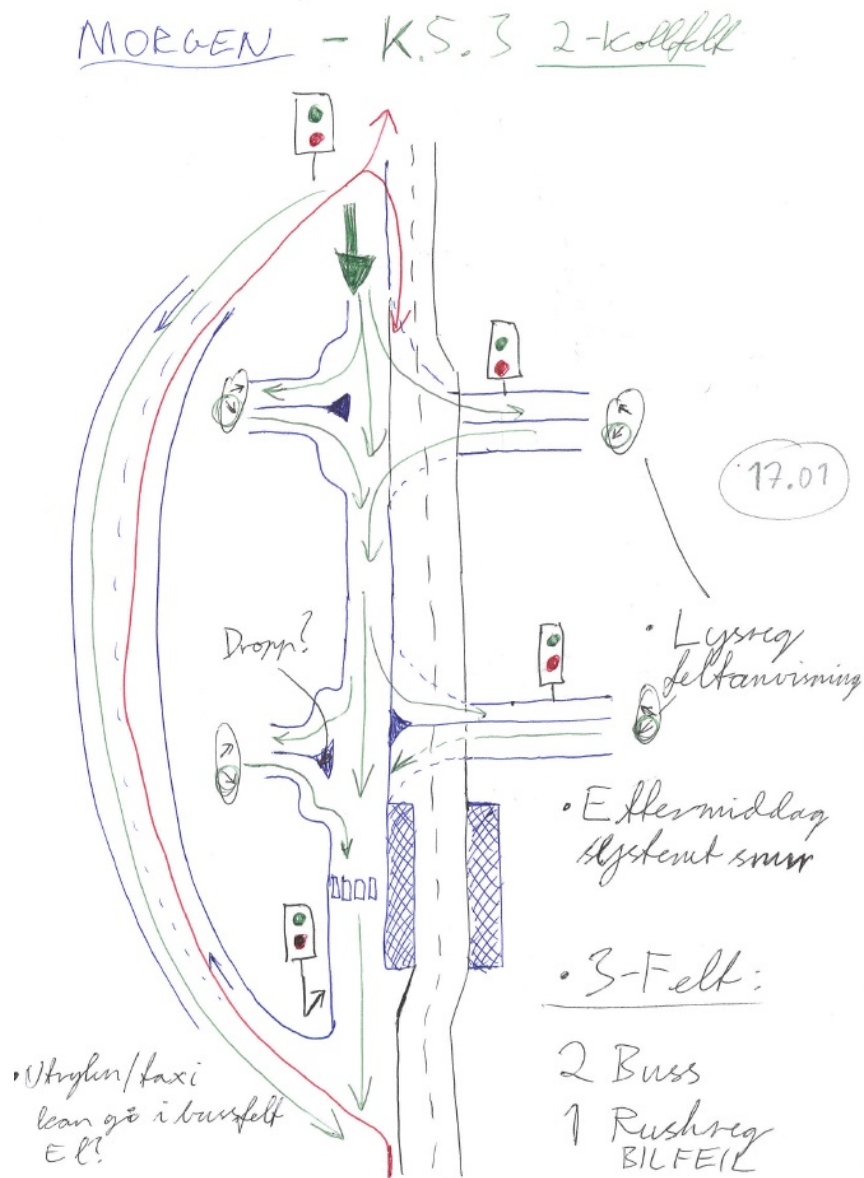
Figur 5.9: Sykkelfelter langs gangveg

5.10 Forkastet

I dette arbeidet har flere skisser vist seg å være for dårlig gjennomtenkt og noen er ikke gjennomførbare. Det er derfor flere skisser som er forkastet og ikke blir med i denne oppgaven. En av de forkastede ideene er derimot funnet interessant og gjennomførbar nok til å presenteres her. Den vil ikke videreutvikles i arbeidet med oppgaven.

Strekningsløsning 3 - To kollektivfelt på trefeltsveg

Denne strekningsløsningen er inspirert av løkkekjøring som er nevnt i litteraturstudien del 1. Ved å legge inn rushtidsregulering av ett felt med blandet trafikk, kan to kollektivfelt opprettes. Dette gjør at buss får bruke casestrekningen i begge retninger gjennom hele døgnet. Annen trafikk må kjøre med rushretningen først for så å benytte tunnelen (til venstre i figur 5.10) i motsatt retning hvis det er den veien man skal. Figuren viser trafikken gjennom systemet i morgenrushet mot Bodø sentrum i sørlig retning, nederst på figuren. På et tidspunkt iløpet av dagen snur dette til ettermiddagsrush og systemet får motsatt kjøreretning. En slik løsning vil ivareta de største trafikkstrømmene men gi store omveger for de andre. Denne ideen ville vært benyttet i et konsept i det videre arbeidet, om det ikke var for kryssløsningen som er under bygging i Hunstadkrysset. Her er det som nevnt i kapittel 4 ikke mulighet for å kjøre inn i tunnelen, avsnitt 4.4. Trafikk som skal benytte tunnelen må kjøre via krysset til høyre i figur 4.5. Dette gir en mye større omvei enn løkkekjøringsideen var tiltenkt. Derfor er dette konseptet forkastet.



Figur 5.10: To kollektivfelt og ett rushtidsregulert felt for annen trafikk

6 | Trafikkmodellering

Dette kapitlet beskriver trafikkmodellering gjennom prosessen fra skisser til simuleringsklare modeller i Aimsun og SIDRA INTERSECTION. Prosessen illustreres ved beskrivelser av hva som er gjort i dette masterarbeidet. Her vil det også gjøres rede for innstillinger og vektlagte parametere i programmene.

Det er nedlagt mye tid i å bygge modellene. Det er spesielt 3D modelleringen og justering av trafikkbevegelser i kryssområdene som har tatt tid. I et program som Aimsun er det mange måter å gjøre dette på, noe som krever en prøve og feile tilnærming. Dette kapitlet forklarer derfor de grove linjene i arbeidet som er gjennomført og presenterer modelleringsløsningene som har fungert. For detaljert informasjon og dypere innsyn, henvises det til de vedlagte simuleringsmodellene. Til slutt i kapitlet vil utvalgte resultatdatatyper for dette arbeidet beskrives.

6.1 Om trafikksimuleringsmodeller

Trafikksimuleringsmodeller er modeller som forsøker å gjenskape virkeligheten i et vegnett. Modellene settes sammen av kunnskap om den aktuelle situasjonen og innhentede data om det spesifikke vegsystemet som skal gjenskapes. Dette er data som beskriver trafikantgruppene i vegsystemet og andre aktuelle trafikkelementer. Når denne informasjonen bygges inn i en trafikkmodell dannes en virtuell fremstilling av virkeligheten og man kan gjennomføre kontrollerte eksperimenter på vegsystemet. Dette kan være eksperimenter som ser på ulike trafikkbelastninger, effekt av endringer i vegsystemets oppbygging, vegsystemets påvirkning av andre deler av vegnettet og så videre. Fremtidig trafikk kan nokså enkelt legges inn og brukes i planlegging ved hjelp av trafikksimuleringsmodeller.

Fordeler og ulemper med bruk av trafikksimuleringsmodeller beskrives i det svenske trafikkerkets *handbok för kapacitetsanalys med hjälp av simulering*, (Trafikverket, 2014) og

i forelesningsfoilen *Traffic simulation and AIMSUN* (Aakre, 2016b):

Fordeler:

- Resultater kan oppnås relativt raskt
- De gir mulighet til å ta hensyn til eller modellere nærliggende vegkryss
- De gir bedre muligheter for å modellere spesielle kryssutforminger
- De kan på en bedre måte beskrive trafikksystemets stokastiske og dynamiske natur med oppbygging og avvikling av køer
- De gir en bedre beskrivelse av trafikkstyrte signaler
- De gir mulighet for å visualisere resultater

Ulemper:

- De genererer vanligvis ingen automatiske beregninger av visse fremkommelighetsmål som for eksempel kapasitet, belastningsgrad og geometrisk forsinkelse
- De er tidkrevende å bygge, kalibrere og validere
- Det er tidkrevende å gjennomføre simuleringer og analyser
- Det er generelt sett mer tidkrevende å gjennomføre to ulike utforminger av veger og kryss med et simuleringsverktøy
- De krever mye data, både inndata og data for kalibrering/validering
- De dataene som kreves er ofte kostbare og mer tidkrevende å samle inn, spesielt når det gjelder trafikantatferd
- De stiller store krav til brukeren (Gode kunnskaper er nødvendig om modeller, parametre, statistisk sannsynlighet og analyse, for å bruke modellen og kunne tolke resultatene riktig)
- De har en relativt høy investeringskostand

Når det viser seg at fordelene veier opp for ulempene er det aktuelt å iverksette fremstilling av trafikksimuleringsmodeller.

Simuleringsmodeller er enten deterministiske eller stokastiske. Deterministiske modeller har ikke tilfeldig variasjon, der kjøretøyene er uavhengig av hverandre, noe som gjør at hver simulering gir de samme resultatene basert på de samme inngangsdataene. SIDRA INTERSECTION produserer de samme resultatdataene for hver gang man prosesserer

modellen, hvis ingen endringer er foretatt. Dette er et deterministisk trekk, men SIDRA har stokastiske elementer og modellene er derfor å anse som stokastiske.

Stokastiske modeller baserer seg på at kjøretøyene er avhengige av hverandre noe som gir rom for tilfeldig variasjon. Kvaliteten på resultatene i en stokastisk modell vil derfor være avhengig av parameterne som definerer hvordan de ulike elementene i modellen opptrer i en simulering. En Aimsun modell er en stokastisk simuleringsmodell.

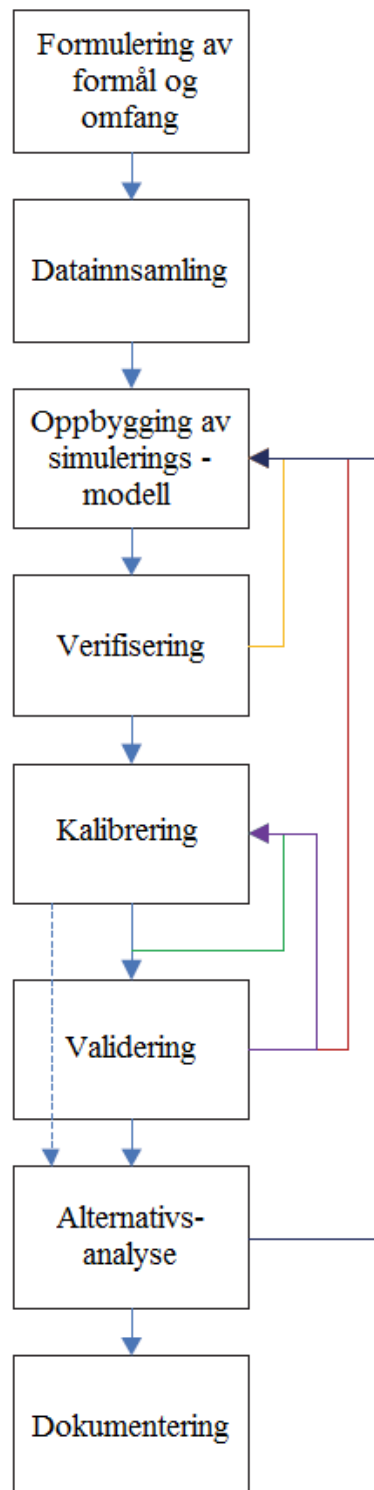
6.2 Trafikkmodellering

Arbeidet i denne masteroppgaven er i hovedsak en trafikksimuleringsprosess. Det har helt fra start på høsten 2016 vært et mål å bygge og evaluere ulike trafikksystemer for casestrekningen. Dette arbeidet er derfor beskrevet i figuren 6.1 på neste side. Denne er hentet fra *Handbok för kapacitetsanalys med hjälp av simulering* (Trafikverket, 2014) og oversatt til norsk. I dette delkapittelet vil arbeidet beskrives gjennom flytskjemaets steg. Stegenes betydning vil forklares og arbeid utført på hvert av stegene i dette arbeidet vil så beskrives.

6.2.1 Formulering av formål og omfang

I dette steget bestemmes hvilket vegsystem trafikksimuleringsstudien skal gjennomføres på, områdeavgrensing og tidsrom studien skal foregå i. Dette gjøres gjennom problembeskrivelse med hypoteser som studien skal gi svar på, samt hvilke analytiske metoder som behøves.

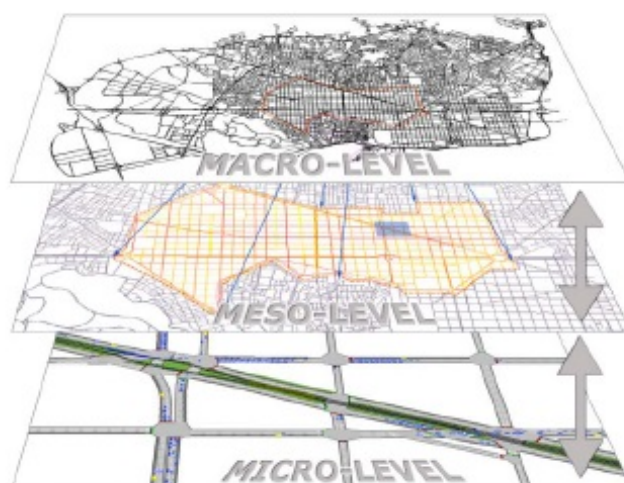
I denne oppgaven er dette steget presentert i kapittel 1 Introduksjon og i kapittel 2 Metode. Kapitlene sier ikke noe om tidsrom casestudiet skal foregå i. I arbeidet med trafikkmodelleringen er derfor rushtidsperioder på morgen og formiddag valgt. Basert på innsamlede data er makstimene for dette simuleringsarbeidet definert som morgen mellom 07:15 - 08:15 og formiddag mellom 15:15 - 16:15. Tidsrommet 15:15 - 16:15 kunne også vært definert som ettermiddag. Dette ble ikke gjort fordi begge begrepene er relative og formiddag ble ansett som en passende beskrivelse av tidsrommet. Et av formålene med dette arbeidet er altså å studere hvordan trafikkmodellene avvikler rushtrafikk. Det er spesielt estimert rushtrafikk 20 år frem i tid som er målet å studere. Rushtidstrafikken anses som den største trafikkbelastningen caseområdet opplever. Dette begrunnes med at ingen store arrangementer eller lignende gir de samme trafikkmengdene som rushtrafikken.



Figur 6.1: Flytskjema av trafikksimuleringsprosessen, (Trafikverket, 2014)

6.2.2 Datainnsamling

I dette steget samles det inn nødvendig data for å bygge trafikkmodellen, samt kalibrere og validere denne. Brukermanualen til simuleringsprogrammene beskriver hvilke data som er nødvendig og hvilket format de skal være i. Databehovet for hver enkelt case avhenger av dataprogrammet som skal brukes og hvilket detaljnivå modellene skal bygges i. Detaljnivåene deles inn i makroskopiske, mesoskopiske og mikroskopiske modeller. Makroskopiske modeller er basert på de grove linjene i trafikksituasjonen og baserer seg på trafikkstrømmer, volum, hastighet, tetthet og gjennomsnittlig trafikkoppførsel. Mesoskopiske modeller som for eksempel SIDRA INTERSECTION, baserer seg på kjøretøysgrupper og er en mellomting mellom makroskopiske og mikroskopiske modeller. Mikroskopiske modeller som for eksempel Aimsun, er basert på individuelle kjøretøy, førere og en detaljert beskrivelse av samhandlingen mellom kjøretøyene.



Figur 6.2: Detaljnivåer i trafikkmodellering, (Aakre, 2016b)

Datainnsamlingens kostnad øker med detaljnivå. Derfor bør nødvendig datamengde for å beskrive en situasjon, alltid vurderes ut fra påløpende kostnad. Når dataformat og detaljnivå er bestemt kan datainnsamlingen begynne. Databehovet kan deles inn i kategoriene veggeometri, trafikkregulering, føreregenskaper, kjøretøysegenskaper, trafikketterspørsel, samt kalibrerings- og valideringsdata. Veggeometri omfatter vegsystemets dimensjoner og innhentes for eksempel fra dokumentasjon av eksisterende veg eller gjeldende standarder for ny veg. Kunnskap om trafikkreguleringen er for eksempel kjøreregler, signalplaner, ITS-systemer, etc. Føreregenskaper er krevende å innhente data om. Dette er kunnskap om førernes oppførsel i det aktuelle vegsystemet. Dette kan være førernes foretrukne has-

tighet, avstand til bilen foran, kritisk tidsluke, reaksjonstid, hvor aggressivt de kjører, etc. Kjøretøysegenskaper i vegsystemet er informasjon om lengde, bredde, akselerasjon, etc. Trafikketerspørsel er kunnskap om trafikkantgrupper, svingebevegelser og kjøretøysfordeling. Dette kan innhentes fra for eksempel målepunkter, reisevaneundersøkelser eller trafikktegninger. Data for kalibrering og validering kan være reisetidsdata, kølengder, hastigheter og kapasitetsdata.

I denne oppgaven er det kun simuleringer på mikroskopisk nivå som gjennomføres. Til dette er det innhentet data som beskrevet i kapittel 3 og 4. Geometriske data som er innhentet er informasjon om vegstrekningsgeometri fra plantegninger og ortofoto. Det er hentet ut informasjon om lenkelengder, linjeføring, antall kjørefelt, hastigheter og holdeplasser. Stigninger er ikke tatt med ettersom dagens veg har stigninger godt innenfor kravene. Det er ikke registrert stigningsproblematikk for casestrekingen. Innhentet trafikkdata er trafikkvolum, kjøretøysammensetning, kollektivtrafikk og noe gang-/ sykkeltrafikk. Informasjon om trafikkstyringen i vegsystemet ble hentet i form av faseplanene i vedlegg H.

6.2.3 Oppbygging av simuleringsmodell

I denne fasen av simuleringsprosessen gjennomføres modellbyggingen. Her settes nettverket sammen av seksjoner, noder, trafikkregulering og nødvendig inndata i programmet som skal benyttes. Bruk av programmets brukerguider og folk med kjennskap til programmets bruk, vil gjøre arbeidet enklere. Dette er viktig for å unngå mange feil og unødig tidsbruk. Det er nyttig å ta utgangspunkt i for eksempel CAD- tegninger eller ortofoto når man skal igang med å bygge nettverket i modellen. Arbeidsgangen i denne fasen er i grove trekk koding av seksjoner (lenker), seksjonsgeometri, noder (kryssområder), trafikkstyring i kryssområder, trafikketerspørsel, kjøretøysatferd og innstillinger tilknyttet replikasjoner i simuleringene. Oppbyggingen av simuleringsmodeller vil i dette delkapittelet beskrives gjennom programmene som er brukt og hvordan de er brukt. I denne masteroppgaven er både SIDRA INTERSECTION og Aimsun benyttet. SIDRA INTERSECTION er programmet som har blitt benyttet minst og beskrives derfor kort. Aimsun er programmet som er mest benyttet og modelleringsarbeidet vil derfor beskrives gjennom prosessen i dette programmet.

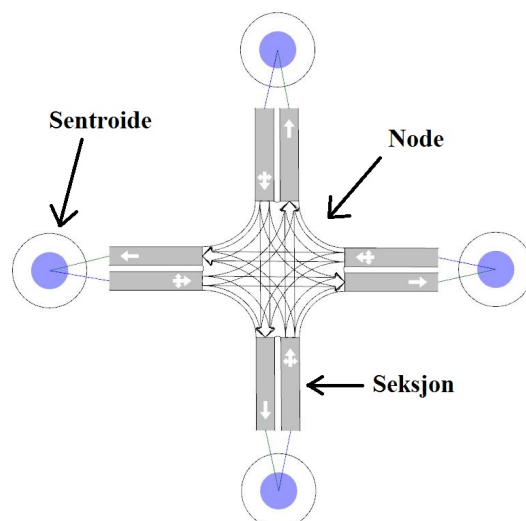
Aimsun 8.1

Aimsun står for *Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and Non-Urban Networks* og er et kraftig dataprogram for simulering av trafikk. Programmet utvikles av selskapet Transport Simulation Systems (TSS) som har hovedkontor i Barcelona, Spania. Aimsun kan modellere alle detaljnivåene i figur 6.2. Dette er et program med få begrensninger innen trafikkmodellering. Brukeren kan modellere alt fra første lenke som tegnes inn, til nettverket er ferdig modellert med de aller fleste elementene som virker inn i den virkelige situasjonen. Programmet har stor grad av frihet, noe som gjør det tidkrevende å sette seg inn i og arbeide med. Simulering i programmet kan overvåkes gjennom funksjonen animert simulering. Dette gjør det mulig å studere hvordan modellen fungerer med innstillingene som er brukt. Dette kommer av at programmets mikroskopiske simulator modellerer hvert enkelt kjøretøy kontinuerlig. Dette gjøres gjennom kjøretøyoppførselsmodeller som bil-følgemodell, feltbytte-modell og vikepliktsmodell. Det er også mulig å simulere med fotgjengere, men dette krever tilleggspakken *Legion* og er ikke en del av simuleringsarbeidet i denne casestudien.

Arbeidet med Aimsun i denne fasen startet med å hente inn tegninger og definere veggeometri for casestrekningen. Statens vegvesen bidro med ortofoto og to CAD-tegninger. Den ene CAD-tegningen er kartgrunnlag med dagens situasjon og den andre er av deres foreslåtte løsning for casestrekningen. Denne løsningen er modellert som konsept 3.1 og beskrives nærmere i delkapittel 7.3.1. Tegningene er benyttet som grunnlag for modellene for at den modellerte vegen skal tilpasses casesituasjonen på beste måte. Det er derfor benyttet omtrent samme vegareal for modellene som for eksisterende veg. Unntakene er for rundkjøringer som krever mer areal enn dagens veg benytter. Når det kommer til veggeometri og valgt vegtype, stod valget mellom H1 eller H6 veg for primærvegen, etter *Handbok N100 Veg og gateutforming* (Vegvesen, 2013a). Valget falt på H1 veg da den er tilstrekkelig for en veg med ÅDT opp mot 12 000. Dette er akkurat på grensen basert på anslaget om 11911,43 ÅDT ved tunnelåpning, se delkapittel 4.2. Dette er også en utfordring med tanke på fremtidig trafikk basert på beregningene i delkapittel 4.3. En ÅDT på 11911,43 ved tunnelåpning gir 13856,57 ÅDT etter 20 års estimatet fra kapittel 4. I denne modellbyggeprosessen er det derfor viktig å dimensjonere vegnettet i caseområdet slik at det kan håndtere fremtidstrafikken selv etter H1 veg standard. Sekundærvegene er også basert på H1 veg, men har avvik fra standardens krav. Alle fire sekundærvegene er derfor modellert basert på dagens utforming.

Arbeidsgangen i bygging av en Aimsun modell

Modellbyggeprosessen i Aimsun beskrives her som en 4 stegs prosess. Først vil seksjoner beskrives og valg for disse i dette arbeidet begrunnes. I andre steg beskrives noder og nodene som er modellert. I steg tre beskrives trafikkdata og hvordan denne er implementert i modellene. I steg fire blir valgte parametere for kjøretøysoppførsel og andre innstillinger av relevans for simuleringene beskrevet og begrunnet.



Figur 6.3: Hovedelementer i en Aimsunmodell

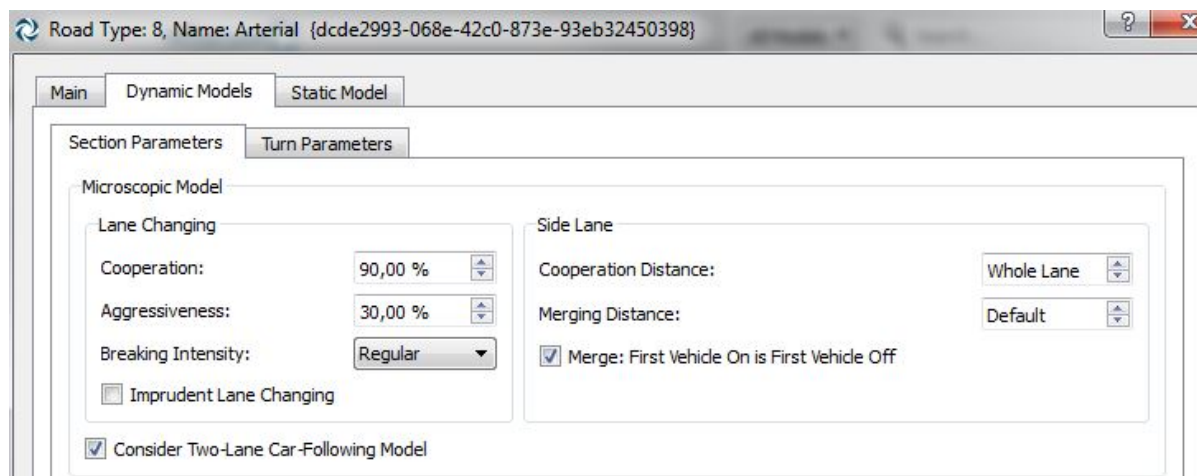
1. Seksjoner

Seksjoner er veglenkene som binder sammen kryssområdene i nettverket, slik figur 6.3 viser. Geometriske dimensjoner som er benyttet for alle seksjoner, med unntak av rundkjøringenes seksjoner er vegbredde på 3,25 m og vegskulder på opp mot 1 m. I rundkjøringene er feltbredden satt til 5,1 m. Dette gjelder rundkjøringene som er modellert i Grønnåsen- og Stille Dal krysset. Rundkjøringene utenfor dagens kryssområder har feltbredde 4 m. Begrunnelse for disse valgene følger i beskrivelsen av rundkjøringene. Hastigheter på seksjonene er satt til 60 km/t for primærveg, 40 km/t for sekundærveg. Seksjoner som har eller leder frem til en fotgjengerovergang er gitt 30 km/t.

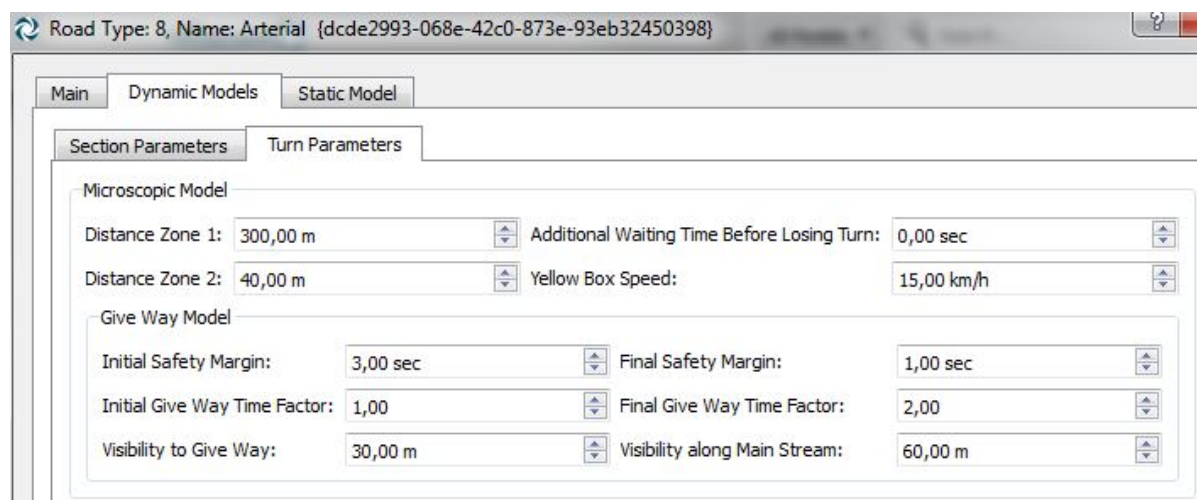
Vegtyper som er benyttet i Aimsun er *Arterial road* på sekundærvegene, *Road* på primærvegen og *Roundabout* på rundkjøringens seksjoner. Figurene under viser hvilke innstillinger som er benyttet:

Arterial road:

Geometri og hastighet legges inn under fanen *Main* i figur 6.4. Parameterne som påvirker kjøretøysoppførsel justeres under fanen *Dynamic models*. I modellene er sekundærvegene gitt 90 % samarbeidsfaktor mot 80 % som var standard. Dette er fordi en økning av denne faktoren virket å gi en mer naturlig trafikkavvikling under simulering av modellene. Faktoren aggresjon er økt fra 0 % til 30 %. Dette har også en effekt på trafikkavviklingen som virket realistisk ved gjennomføring av animerte simuleringer der man ser hvordan hvert enkelt kjøretøy oppfører seg. Denne metoden for å justere parameterne beskrives nærmere under delkapitlet om kalibrering 6.2.5. De endrede parameterne fremgår av figur 6.4.

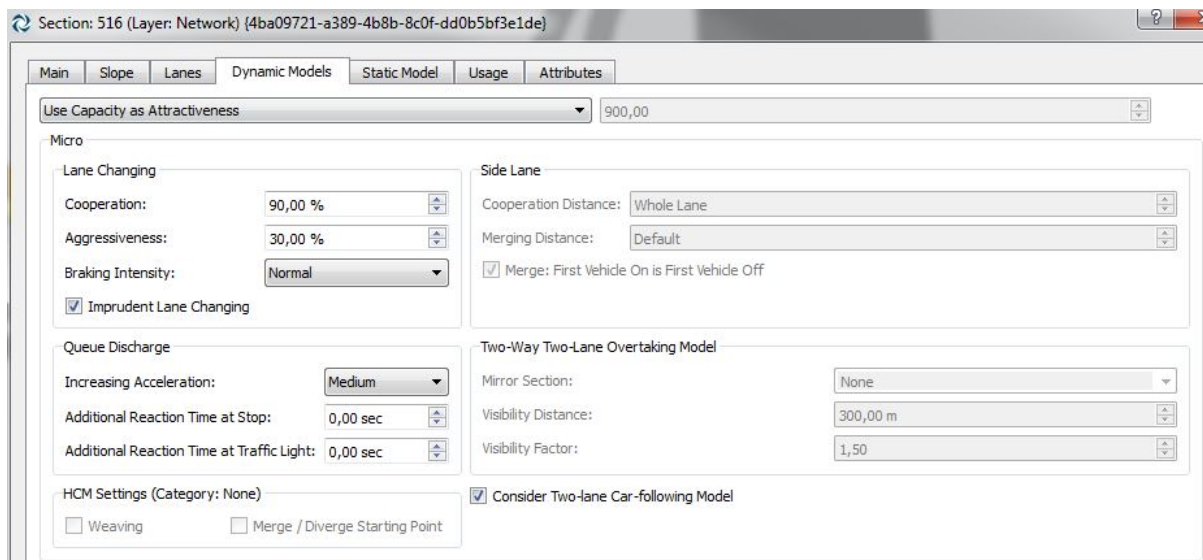


Figur 6.4: Seksjonsparametere for seksjonstype Arterial road



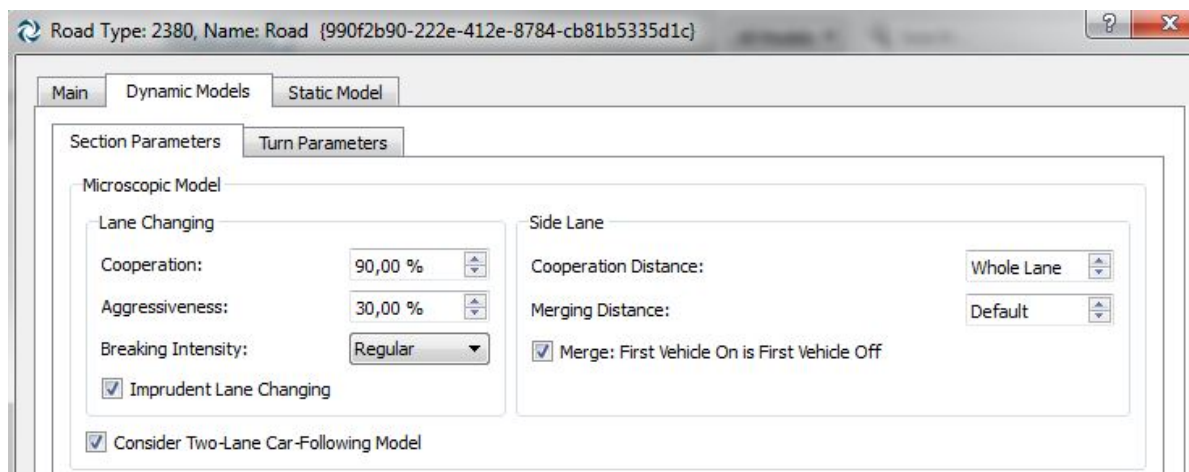
Figur 6.5: Svingparametere for seksjonstype Arterial road

Svingeparameterne for sekundærvegene er ikke endret og standardverdiene i figur 6.5 er benyttet. Det er valgt å sette akselerasjonsparameteren for alle sekundærvegene til *medium*. Dette er en parameter som påvirker kø-oppløsning i modellene. Denne ble satt til *medium* fordi standardinnstillingen *normal*, virket å gi unormale avvik i trafikkavviklingen.



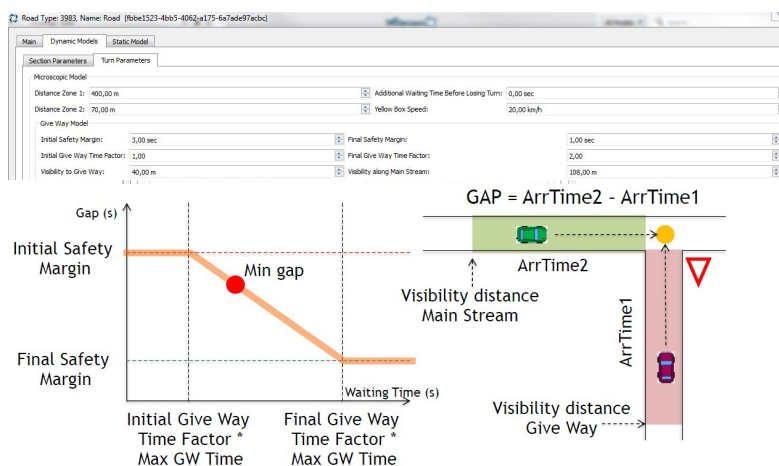
Figur 6.6: Spesifikke seksjonsinnstillinger for sekundærvegene

Road:



Figur 6.7: Seksjonsparametere for seksjonstype Road

Samarbeidsfaktoren er satt til 90 % også for seksjonstypen *Road*. En økning av kjøretøyenes aggresjon på vegen er også valgt her av samme grunn som for *Arterial road*. Dette fremgår av figur 6.7.

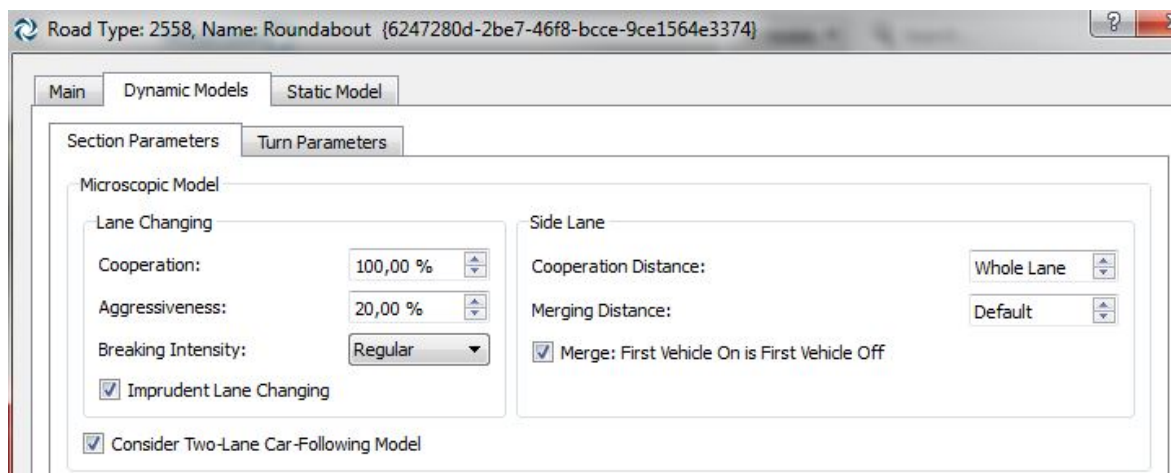


Figur 6.8: Svingeparametere for seksjonstype Road

Svingeparameterne for primærvegene er heller ikke endret og standardverdiene i figur 6.8 er benyttet.

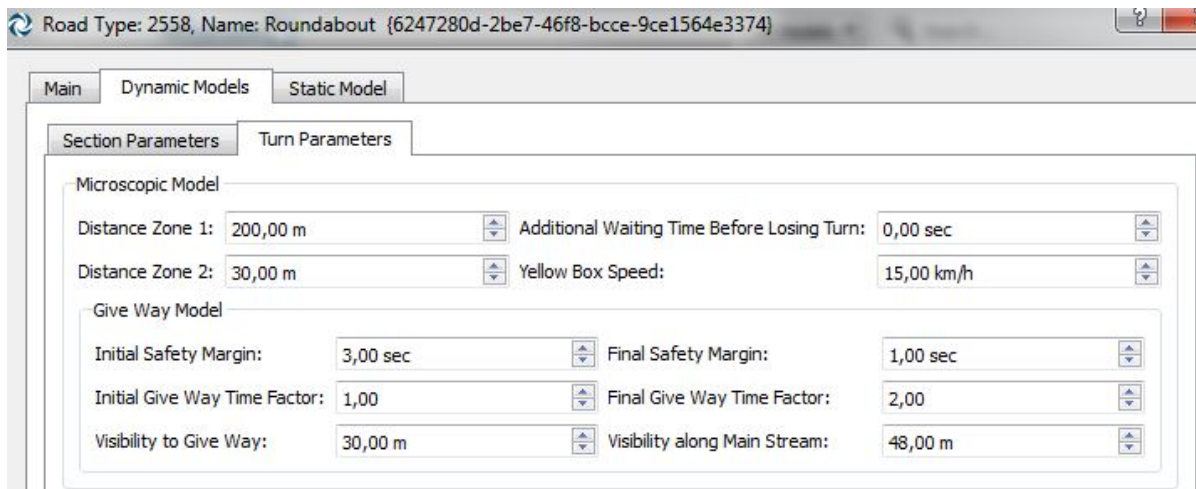
Roundabout:

I rundkjøringenes seksjoner er samarbeidsfaktoren oppjustert fra standard 80 % til 100 %. Dette er gjort for å få en mer naturlig flyt i rundkjøringens sirkulasjonsområde. Aggresjon er satt til 20 %. Alle rundkjøringene som er modellert i Aimsun i dette arbeidet har tofelts sirkulasjonsareal. Parameteren *Imprudent Lane Changing* ble også aktivert. Dette ble gjort fordi det ble observert unormal kjøring av simuleringskjøretøyene i den animerte simuleringen. Kjøretøy som hadde sjansen til å ta rimelige luker, gjorde ikke dette før sistnevnte parameter ble aktivert.



Figur 6.9: Seksjonsparametere for seksjonstype Roundabout

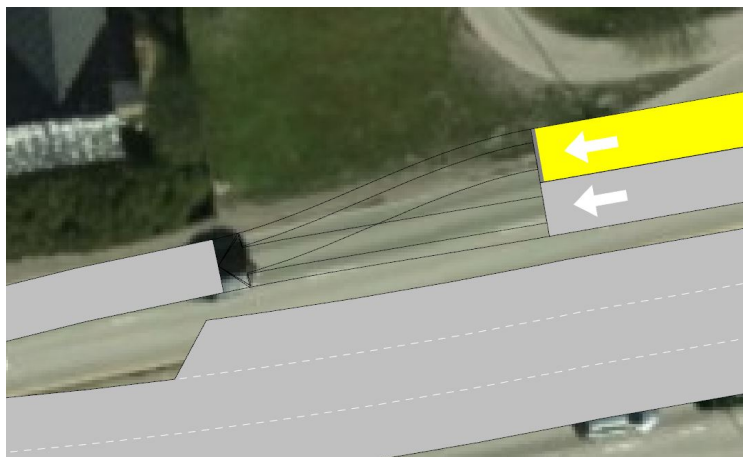
Svingeparameterne i figur 6.10 er standardverdier for rundkjøringsseksjoner og er benyttet i alle rundkjøringsmodellene.



Figur 6.10: Svingeparametere for seksjonstype Roundabout

2. Noder og trafikkstyring

Noder er sammenkoblingen av de ulike seksjonene i områder hvor de skal henge sammen, slik som figur 6.3. Pilene i noden er svingebevegelser som tillates. Noder kan brukes til å danne vegkryss slik som i figur 6.3 eller til å koble seksjoner slik som figur 6.11 illustrerer under:



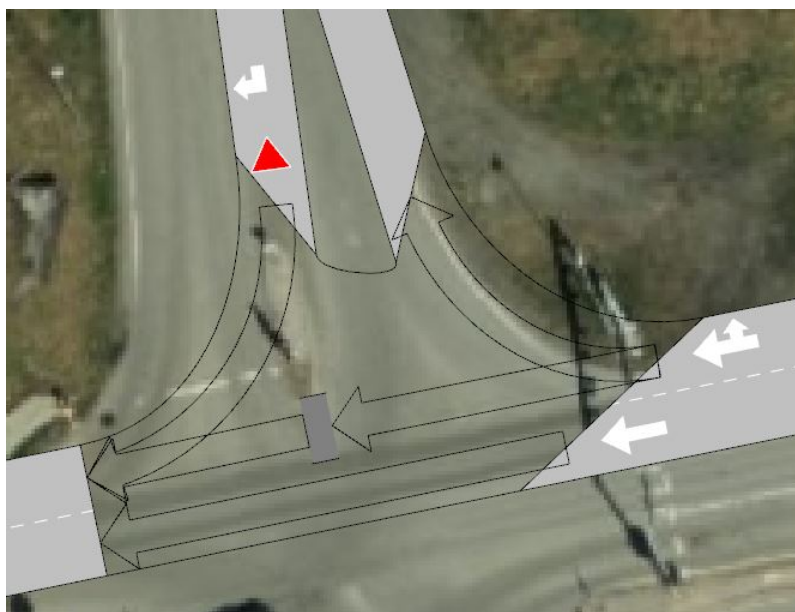
Figur 6.11: Eksempel på node utenfor kryss modellert i Aimsun

Figuren viser hvordan noder kan brukes til innsnevring fra to til ett felt, her ved at

kollektivfelt og flerbruksfelt slås sammen. Pilene som utgjør svingebevegelsene i noden trekkes opp manuelt.

T-kryss

Figur 6.12 er hentet fra konsept 2.1 i 7.2.1 og illustrerer nordre del av Grønnåsenkrysset. Her har trafikk inn fra sekundærvegen bare vikeplikt for buss som benytter kollektivfeltet bygget inn i modellen som den mørkegrå seksjonen omtrent midt i noden. Dette bidrar til at annen trafikk bruker venstre felt og at det unngås kø- situasjoner på sekundærvegen. Et slikt T-kryss gir god trafikkflyt for alle kjøretøy.

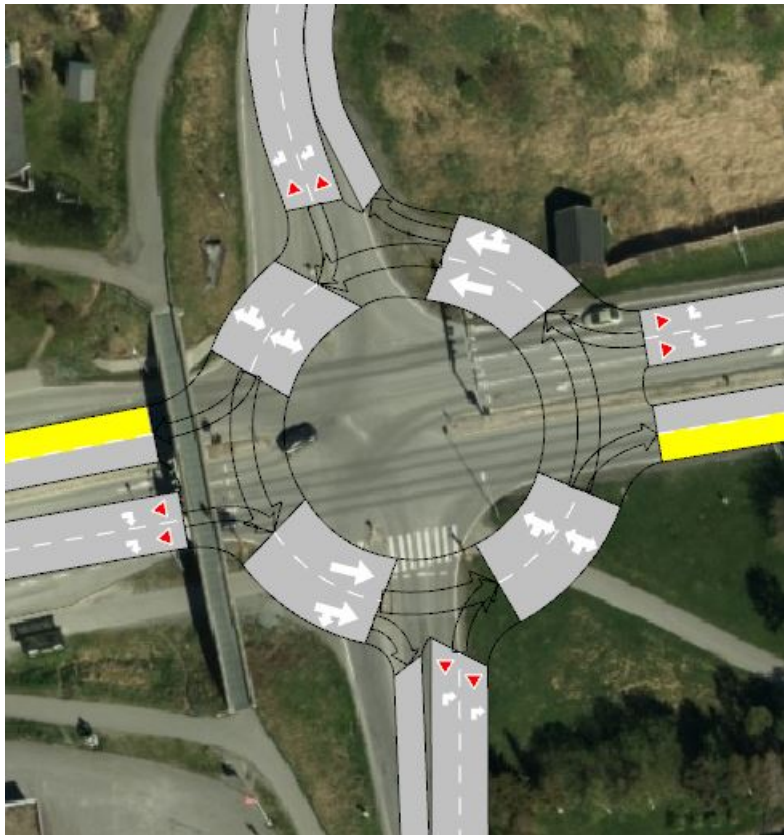


Figur 6.12: T-kryss modellert i Aimsun

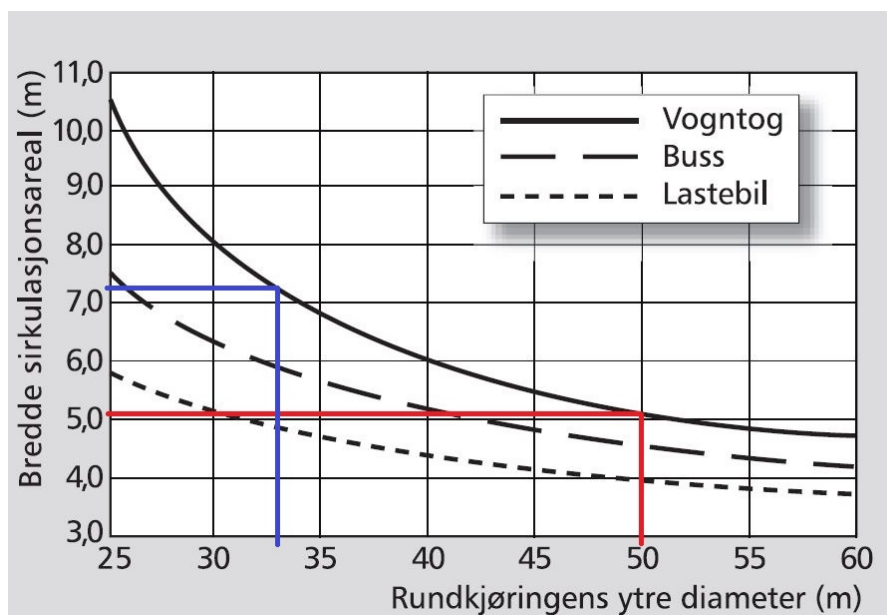
Rundkjøring

Rundkjøringer kan i modelleres ved å bruke Aimsuns rundkjøringsfunksjon eller å sette sammen noen t-kryss på egen hånd. I dette arbeidet har de beste resultatene kommet med en kombinasjon av ferdiggenerert rundkjøring og modifisering av denne. Modifiseringen er utført ved bruk av noderes interne editor som fremkalles ved å dobbeltklikke på en eksisterende node. Rundkjøringene som er modellert for Grønnåsenkrysset og Stille Dal krysset i dette arbeidet har ytre diameter fra 46.5 m til 53.5 m. Dette er to-felts rundkjøringer og feltbredden er satt til 5.1 meter slik figur 6.14 fra håndbok V121 *Geometrisk utforming av veg og gatekryss*, (Vegvesen, 2013b), viser. Denne feltbredden er for lav for rundkjøringer med ytre diameter på 46,5 m. Dette gjelder rundkjøringen i Stille Dal krysset i konsept 3.2. Det skyldes plassmangel i kryssområdet og den modellerte rundkjøringen

bør endres på hvis konsept 3.2 velges. Rundkjøringens ytre diameter anses derimot ikke å være utslagsgivende på simuleringsresultatene og ble valgt å bruke.



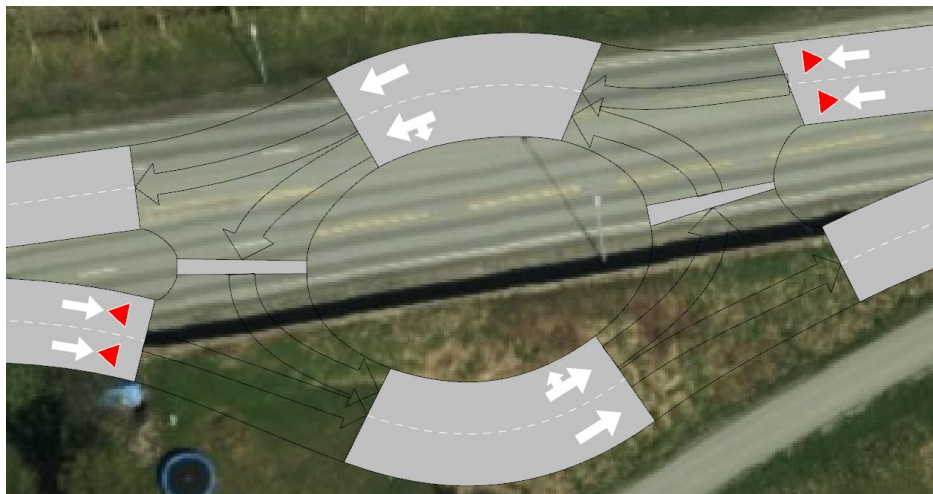
Figur 6.13: Vanlig rundkjøring modellert i Aimsun



Figur 6.14: Krav til kjørefeltbredde i rundkjøringens sirkulasjonsareal, (Vegvesen, 2013b)

Snukryss

Dette konseptet benytter i prinsippet rundkjøringer mellom de opprinnelige kryssområdene for å tillate svingbevegelser som ikke kan gjennomføres når Grønnåsenkrysset og Stille Dal krysset bygges med T-kryss slik som i figur 6.12.



Figur 6.15: Snukryss modellert i Aimsun

Dimensjonene på disse snukryssene i denne oppgaven er avhengig av stedsspesifikk geometri. Dette gjør at deres plassering mellom kryssområdene begrenser den ytre radien som kan benyttes. Denne radien bør følge gjeldende standardkrav for en vanlig rundkjøring. I figur 7.29 vises de tre snukryssene som er foreslått for konsept 2.2 (7.2.2). Snukrysset lengst vest har ytre diameter 33 m, det midterste har 34,5 m og snukrysset i øst har 35,5 m. I alle snukryssene er feltbredden 4 meter og de har alle to felt. Ingen av disse snukryssene oppfyller kravene til ytre diameter og feltbredde. Den blå linjen i figur 6.14 gjelder for snukrysset lengst vest i konsept 2.2. Det er derfor utført en sporingsanalyse hvor målet er å se om vogntog og buss kan gjennomføre en sving i disse snukryssene. Dette er kjøretøystyper som vil ha behov for å benytte begge kjørefeltene ved å legge seg helt ut til høyre, for så å svinge mot venstre. Denne analysen er gjennomført i AutoCAD med utvidelsen *Vehicle tracking* på det minste snukrysset lengst vest. Dimensjonerende lengder for vogntog er 22 m og buss er 15 m etter håndbok N100 *Veg og gateutforming*, (Vegvesen, 2013a). Det går også frem av håndboken at svingradius for begge er 12,5 m. Dette gjelder kjøretøyets ytre karosserihjørne foran og stiller derfor krav om ytre diameter i snukrysset på minst 25 m.

I figur 6.16 og 6.17 markerer de tynne røde linjene ytterkant av hjulene til kjøretøyene. De grønne linjene markerer ytre overhengende karosseri av kjøretøyene. Den innerste lilla

sirklen markerer indre diameter på 17 m, som er ytre diameter, minus 2 kjørefeltbredder på 4 meter. Ytre diameter og grensen for sirkulasjonsarealet er markert ved den ytterste lilla sirklen. Denne har en diameter på 33 m.



Figur 6.16: Sporingsanalyse for snukryss med buss

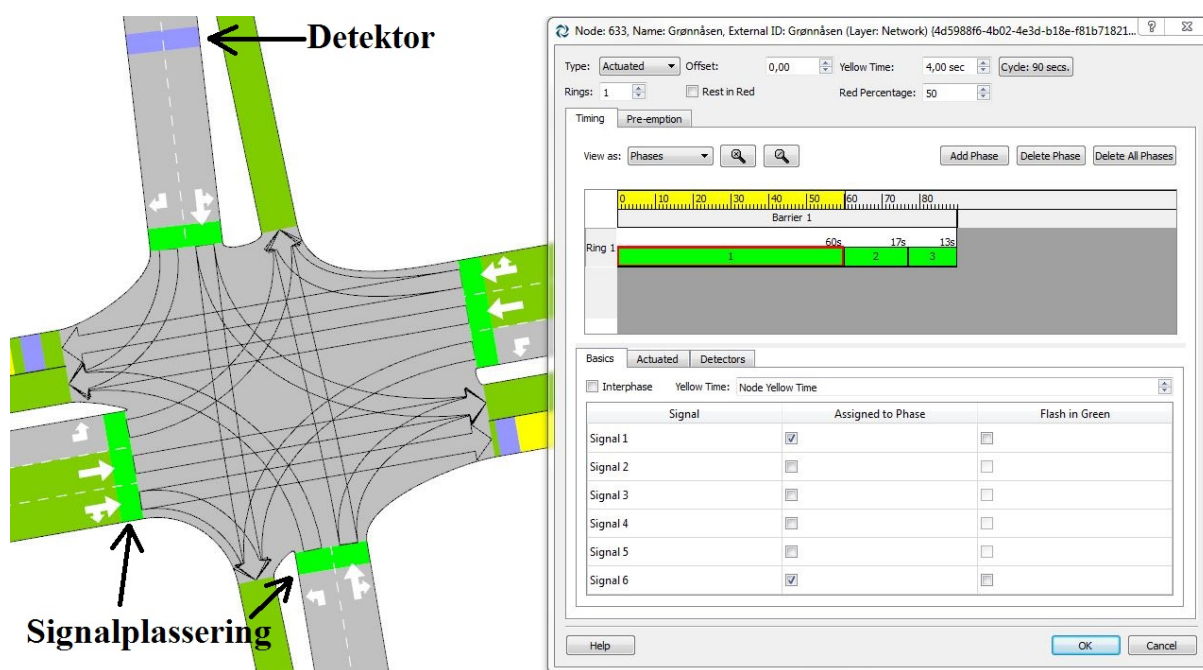


Figur 6.17: Sporingsanalyse for snukryss med vogn tog

Sporingsanalysen viser at kjøretøyene må kjøre i en tilnærmet perfekt bue og bruke omtrent hele sirkulasjonsarealet for å komme rundt. Dette vil være svært krevende og urealistisk i praksis. Analysen avdekket videre at minste mulige indre diameter som begge kjøretøyene kan klare er 14 m, basert på kjøretøyets indre karosserihjørne. Ved å bruke en indre radius ned mot 7 m og øke ytre diameter i den grad det er mulig, vil disse kjøretøyene få økt bevegelsesrom. Det antas derfor at slike snukryss kan benyttes langs casestrekningen i Bodø.

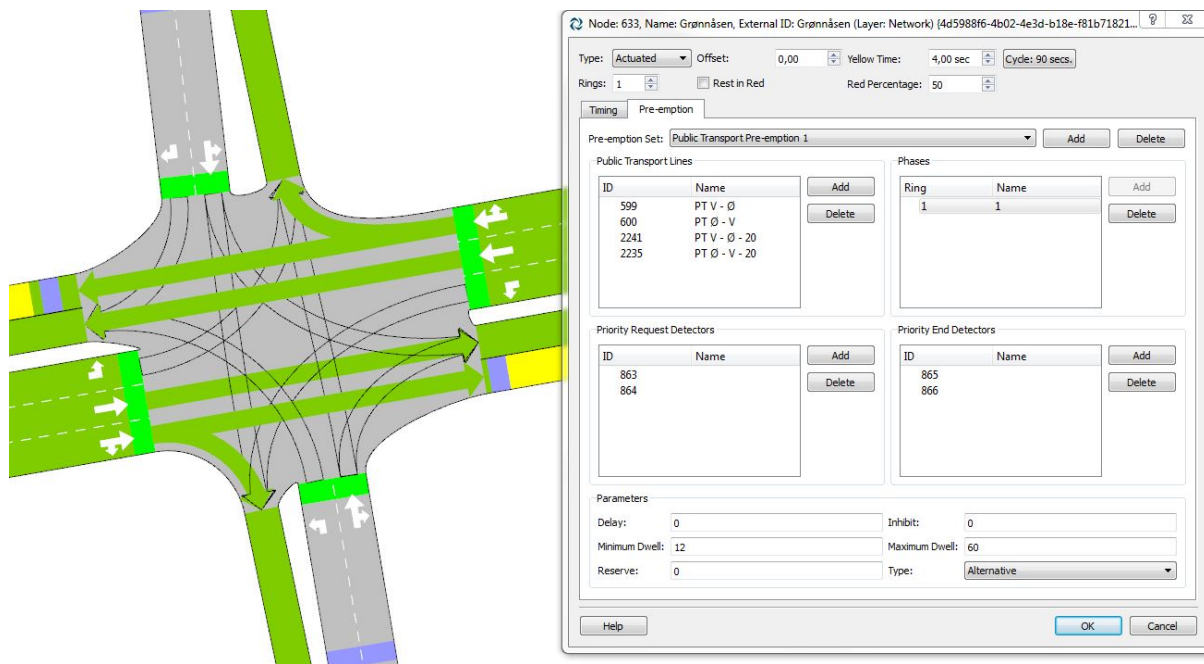
Vanlig lyskryss

Figur 6.18 viser et modellert lyskryss med detektorer (Blå rektangler), lyssignaler (Signalgrønne rektangler) og tillatte svingebevegelser i form av piler. Detektorene registrerer om et kjøretøy ankommer eller forlater krysset. Detektoren øverst i bildet brukes for å sende forespørsel til krysset om fasen ankommende kjøretøy ønsker. De to detektorene midt i bildet, på hver side av krysset, er der for å sende krysset signal om at buss har passert og at en ny fase kan igangsettes. Bildet på høyre side av figuren viser hvordan brukeren stiller inn kontrollplanene for å danne fasene i krysset. I alle signalregulerte kryss i Aimsun er faseplatype satt til aktiv (*Actuated*). Standardinnstillingene for gultid, røddandel og offset er beholdt. Hver fase tildeles et sett med svingebevegelser som helst ikke skal være i konflikt med hverandre. Fase 1 er markert på figuren og markeres i krysset med de grønne seksjonene som viser svingebevegelsene fasen har.



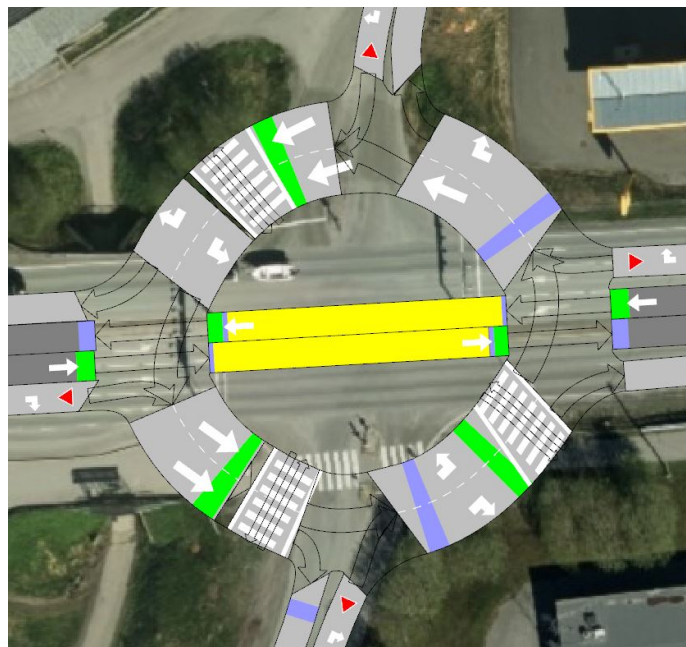
Figur 6.18: Faseinstillinger for signalregulert kryss modellert i Aimsun

I neste figur 6.19 vises det hvordan bussprioritering legges inn i modellene. Bildet til venstre i figuren viser hvilken fase buss bruker for å kjøre gjennom krysset. Ved å legge inn en fortømmingsplan (*pre-emption set*) kan kryss tømme for trafikk og skifte til den bussprioriterende fasen når buss ankommer krysset. En detektor plassert i en passende avstand fra krysset registrerer at bussen kommer og melder fra til kryssets kontrollplan.



Figur 6.19: Bussprioritetsinnstillinger for signalregulert kryss modellert i Aimsun

Signalregulert rundkjøring



Figur 6.20: Signalregulert rundkjøring modellert i Aimsun

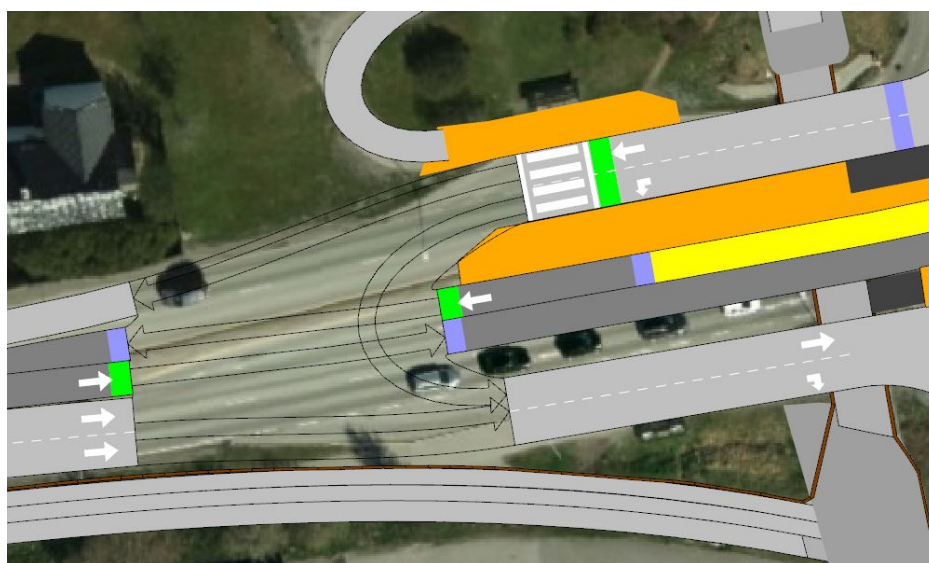
Signalregulert rundkjøring er benyttet i flere av konseptene som beskrives i kapittel 7. Rundkjøringen i figur 6.20 viser den mest komplekse av disse. Dette er et rundkjørings-

konsept der holdeplasser for buss, markert i gult, ligger i rundkjøringens sentraløy. Rundkjøringen fungerer ved at trafikk sirkulerer som i en vanlig rundkjøring uten påvirkning av busser som ønsker prioritering. Når buss ankommer krysset er det en fase som slipper bussen rett inn i sentraløya. Denne fasen stenger bare de konflikterende svingebevegelsene ovenfor bussen. Når bussen står i sentraløya, sirkulerer annen trafikk som vanlig. I det bussen skal ut, passerer den en detektor som automatisk kaller på bussprioriterende fase og bussen slipper ut av sentraløya før annen trafikk får kjøre igjen.

I modellen vist i figur 6.20 er det forsøkt å legge inn fotgjengere i alle tre fotgjengerovergangene, markert med en pil i hver retning. Dette er gjort med bruk av kjøretøytype taxi. Bruk av egen kjøretøystype gir egne resultater for taxi. Taxiene kan manipuleres til å etterligne fotgjengerbevegleser ved å justere hastighet og hvilken prioritet de skal ha i de signalregulerte fotgjengerfeltene. Taxiene er bygget inn med bruk av egne OD-matriser og et eget nettverk av sentroider. Denne forenklingen beskrives senere i dette kapittelet.

Signalregulert avlang rundkjøring

Signalregulert avlang rundkjøring med to kollektivfelt presenteres i konsept 5.2, se delkapittel 7.5.2. Kryssområdet som vises i figur 6.21 er vestre del av Grønnåsenkrysset. Kryssområdet er signalregulert med to faser. I fase 1 fungerer krysset som en vanlig avlang rundkjøring. I fase 2 slippes buss og fotgjengere frem. Når buss ankommer eller fotgjengere skal krysse stoppes de venstresvingende kjøretøyene. Venstresvingingen har en svingradius på 7 meter, noe som er helt på grensen av hva som er mulig for større kjøretøy som buss og vogntog.



Figur 6.21: Signalregulert kryss i konsept 5.2

3. Trafikketerspørsel

Trafikketerspørselen i en Aimsun modell kan baseres på OD-matriser eller *Traffic States* og opprettes for hver kjøretøystype i et bestemt tidsintervall. Et sett av OD-matriser eller *Traffic States* settes sammen i et *Traffic Demand* og utgjør total trafikkbelastning til bruk i et scenario.

En modell basert på *Traffic States* genererer kjøretøy inn i modellen basert på tilfeldig fordeling av trafikk fra inn-seksjonene. Denne fordelingen definerer brukeren selv. Seksjonene i en modell med *Traffic States* stilles inn med prosentfordeling av svingebevegelser som skal gjennomføres fra denne seksjonen. Dette betyr at kjøretøyene i modellen ikke vet hvor de skal før de kommer til seksjonen og blir fordelt videre til neste seksjon i nettverket. Kjøretøyene vet altså ikke hvilken rute i nettverket de skal kjøre.

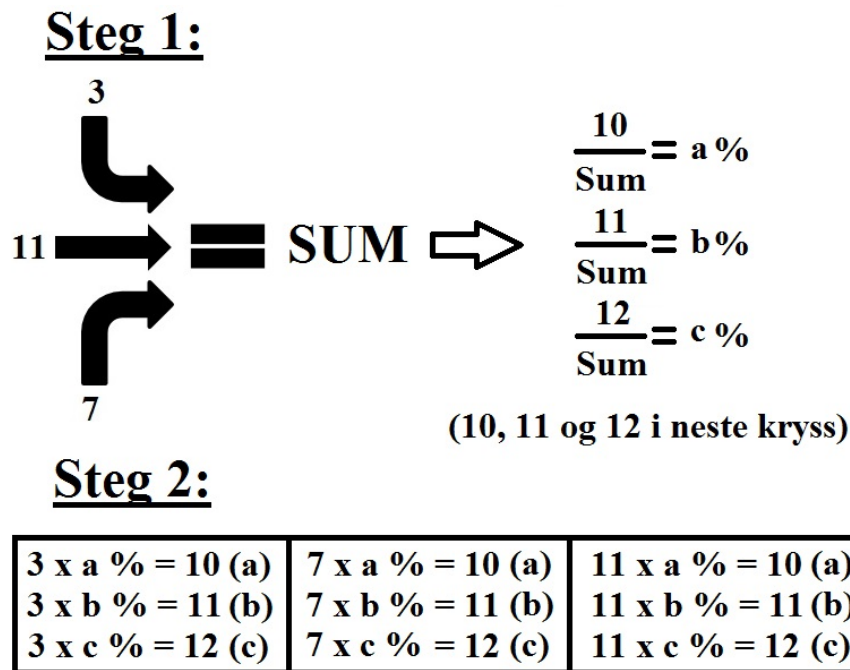
En modell basert på OD-matriser genererer kjøretøy inn i modellen basert på faktiske trafikkdata i matrisene for en bestemt tidsperiode. Hver kjøretøysklasse har en egen OD-matrise med antall reiser mellom de ulike opprinnelse- og destinasjonsstedene i modellens nettverk. Kjøretøyene genereres fra sine opprinnelsessentroider som er startstedet og reiser korteste veg til sine destinasjonssentroider. Variasjon i resultatene ved bruk av OD-matriser oppnås ved at trafikken fra en OD-matrise genereres tilfeldig ut til nettverket i matrisens tidsintervall i modellens *Traffic Demand*. Dette gjør at hver simulering kan levere relativt like resultater men med noe variasjon.

Trafikketerspørsel i modellene er basert på innsamlet data beskrevet i kapittel 3 og 4. I dette arbeidet er det valgt å legge disse dataene inn i OD-matriser. OD-matriser er valgt fordi dataene kommer fra en eksisterende vegstrekning. Det er derfor et mål å gjøre simuleringsresultatene så virkelighetsnære som mulig. Dette oppnås i tilstrekkelig grad for denne oppgaven med 5-minutters OD-matriser. Det vil si at modellene har 12 OD-matriser med 5 minutters trafikkdata for å beskrive trafikken langs casestrekningen i makstimen.

I dette arbeidet har to metoder for å bygge OD-nettverket vært benyttet. Den første er et resultat av at videotellingene gav tall fra to separate kryss på to forskjellige dager. Det var derfor ingen informasjon om hvor kjøretøyene i Grønnåsenkrysset skulle når de reiste i retning Stille Dal krysset. For eksempel hvor skal et kjøretøy fra GN når det gjennomfører svingebevegelse 3 i retning øst. Derfor ble det opprettet sentroider mellom de to kryssene som tiltrakk seg og genererte trafikk basert på de kjente svingebevegelserne. Dette førte til to separate nettverk. Det er flere problemer med denne løsningen. Hovedproblemet er

at man ikke får riktige effekter i nettverket som for eksempel kø, som følge av at trafikk fra det ene krysset påvirker det andre. Reisetidene i et slikt nettverk påvirkes også og gir et feil bilde på trafikken i systemet.

Det var derfor nødvendig å gjøre en beregning på trafikk tallene slik at hele casestrekningen ble en modell. Dette er gjort ved å prosentvis fordele trafikk fra det ene krysset på svingebevegelsene i det andre. Denne prosessen forklares gjennom figur 6.22 og 6.23.



Figur 6.22: Beregningsprosess av kjøretøysbevegelser i caseområdet

I steg 1 på figur 6.22 summeres alle svingebevegelsene i retning neste kryss i systemet. Denne summen fordeles deretter på de tre svingebevegelsene som er mulige i neste kryss. Dette gir prosentvis fordeling av trafikken fra det første krysset, på svingebevegelsene i det neste. De tre prosentandelene brukes så i steg 2, der hver av svingebevegelsene i første kryss fordeles prosentvis på hver av de tre mulige svingebevegelsene i neste kryss. X-ene i steg 2 står for multiplikasjon. Dette resulterer for hver av svingebevegelsene i første kryss, med en tabell slik som den i figur 6.23 for svingebevegelse 3 i Grønnåsenkrysset.

	Grønnåsen Nord		Til SD krysset			Til SD krysset		
	3 kjt	tung	Tungtrafikk			Biler		
			10	11	12	10	11	12
07:20	5		0	0	0	0,34	4,49	0,17
07:25	3		0	0	0	0,14	2	0,43
07:30	3		0	0	0	0,12	3	0,24
07:35	8		0	0	0	0,49	7	0,24
07:40	6		0	0	0	0	6	0
07:45	11		0	0	0	1	9	1
07:50	6		0	0	0	1	4	0,45
07:55	7		0	0	0	0,44	6	0,29
08:00	9		0	0	0	1,10	6,43	1,47
08:05	15		0	0	0	1	13	1
08:10	8		0	0	0	0,42	6,73	0,85
08:15	10		0	0	0	0,58	8,55	0,87

Figur 6.23: Fordeling av svingebevegelse 3 i Grønnåsenkrysset, på svingebevegelsene 10 11 og 12 i Stille Dal krysset, utført i excel

Figuren viser hvordan kjøretøy som gjennomfører svingebevegelse 3 fordeles i Stille Dal krysset. Denne beregningen er gjort for svingebevegelsene 3, 7 og 11 i Grønnåsenkrysset. I Stille Dal krysset er svingebevegelse 1, 5 og 9 fordelt inn i Grønnåsenkrysset på denne måten. Figur 6.23 viser at det nå er mulig å legge inn hvor trafikk fra svingebevegelse 3, skal i OD-matrisene. For eksempel er det 4,49 kjøretøy som skal fra GN til SDØ i løpet av tidsintervallet 07:15 - 07:20. Resterende svingebevegelser i de to kryssene er hentet direkte fra tallene i vedlegg B. Sistnevnte beregning er benyttet på alle de vedlagte modellene til dette arbeidet.

Det er lagt inn trafikkdata for trafikksituasjonene Formiddag etter 0 år, Formiddag etter 20 år, Morgen etter 0 år og Morgen etter 20 år. Antall år 0, defineres her som ved tunnelåpning. Dette vil si trafikksituasjonen i 2019 når Bodøtunellen åpner og den gamle riksvegen opplever ett nytt trafikkbilde. Tallene for trafikksituasjonen etter 20 år baserer seg på trafikkvekstfaktoren beskrevet i kapittel 4. Tallene for 0 år er hentet rett fra innsamlet og beregnet trafikkdata. År 0 dataene brukes bare som et ledd i å produsere 20 års matrisene. Intervallinndelingen fremhevet med oransje i figur 6.23 er valgt for å dekke over makstimen i rushperioden 07:15 - 08:15.

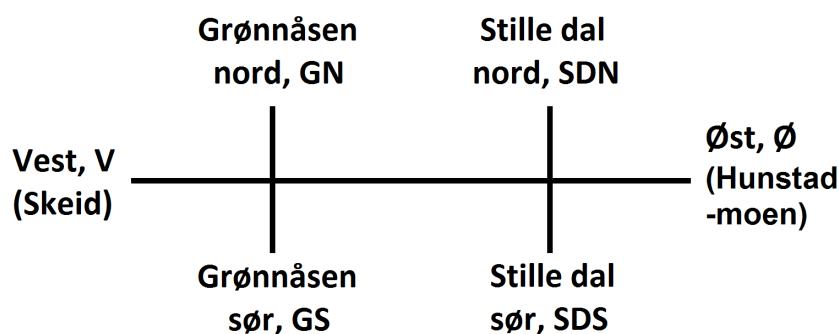
I alle trafikksituasjonene er lette og tunge kjøretøy fordelt på hver sin matrise. Dette gir to matriser for hvert 5 minutt i hver av de fire trafikksituasjonene. Et eksempel på slike matriser vises i figur 6.24.

	498: Vest	99: Sør Grønnåser	10: Nord Grønnåse	101: Nord Stille Da	502: Sør Stille Dal	503: Øst	Total
498: Vest		16,91	16,91	2	2,25	65,14	103,21
499: Sør Grønnåsen	6,76		3,38		1,13	19,16	30,43
500: Nord Grønnåsen	6,76	1,13				5,64	13,53
501: Nord Stille Dal	1	1	1		1	1	5
502: Sør Stille Dal						4,51	4,51
503: Øst	16,29	12,40	5,64	2	2,25		38,57
Total	30,81	31,43	26,92	4	6,64	95,45	195,25

	498: Vest	99: Sør Grønnåser	10: Nord Grønnåse	101: Nord Stille Da	502: Sør Stille Dal	503: Øst	Total
498: Vest			1,13			1,16	2,29
499: Sør Grønnåsen							
500: Nord Grønnåsen							
501: Nord Stille Dal							
502: Sør Stille Dal							
503: Øst	2,33				1,13		3,45
Total	2,33		1,13		1,13	1,16	5,74

Figur 6.24: OD-matrise, Formiddag etter 20 år, tidsrom 07:15 - 07:20

I øvre bilde i figuren ovenfor er lette kjøretøy på formiddag etter 20 år lagt inn og multiplisert med vekstfaktoren. I nedre bilde er tunge kjøretøy på formiddag etter 20 år vist, etter innregnet vekstfaktor. Navnsettingen av sentroidene vises i figur 6.25 og illustrerer OD-nettverket i modellene.

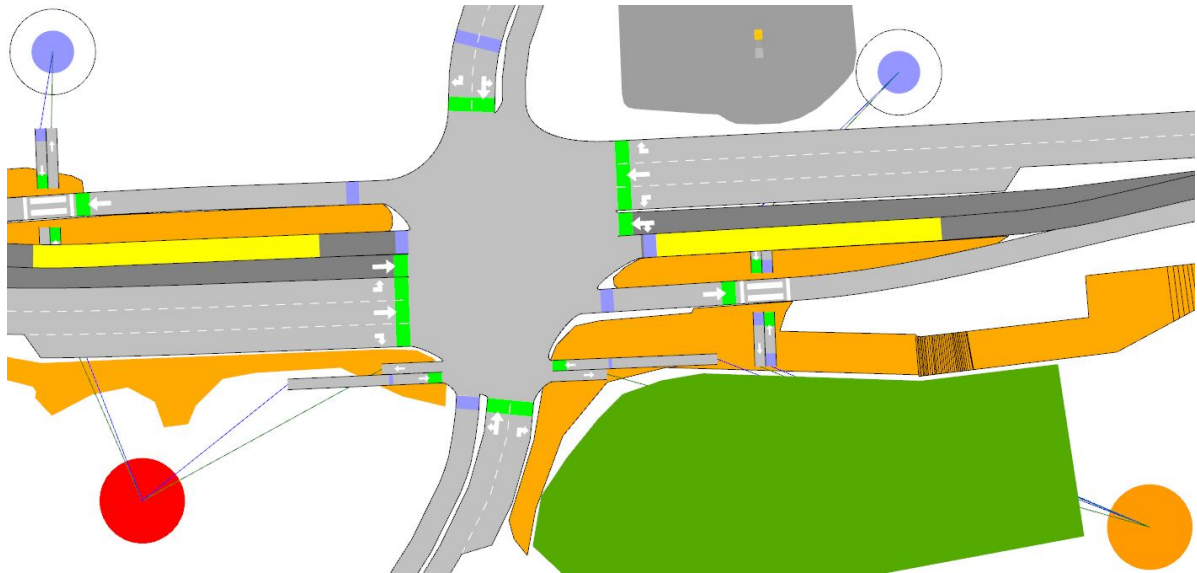


Figur 6.25: Navnsetting av nettverkets sentroider

Kollektivtrafikk er lagt inn i modellene med egne *Public Transport lines*. Dette er basert på antall busser beskrevet i 3.1.2 og 4.4.2. For alle busslinjene er ventetid på holdeplass satt til 20 sekunder med et mulig avvik på inntil 5 sekunder.

Fotgjengere og syklist er forsøkt implementert i noen av modellene. Tall for disse er basert på tallene presentert i kapittel 3. Figur 6.26 viser hvordan dette er gjort med et

eget sett av sentroider for fotgjengerovergangene. Fotgjengerovergangene er signalstyrt og er enten en del av hovedkryssets kontrollplan eller er satt opp med en egen kontrollplan. Kjøretøystype er som tidligere nevnt taxi og er gitt maks hastighet 10 km/t. Denne hastigheten er høy og diskuteres derfor i kapittel 9 som en feilkilde i resultatene.



Figur 6.26: Stille Dal krysset med forgjengere som kjøretøy i fotgjengerovergangene

Figur 6.26 viser også to senteroider med henholdsvis gul og rød farge. Navnene til disse er fremhevet med tykk sort i figur 6.27. OD-matrisen viser hvordan fotgjengerfeltet i Stille Dal kryssets søndre arm har innlagt 96 fotgjengere fra gul til rød sentroide på morgenen.

	4095	4096	4125	4154	4235	4236	4246	Total
4095		96		25				121
4096	18		25					43
4125		25						25
4154	25							25
4235						35		35
4236					35		35	70
4246						35		35
Total	43	121	25	25	35	70	35	354

Figur 6.27: OD-matrise for myke trafikanter i Stille Dal krysset, tidsrom 07:15 - 08:15

Tallene i OD- matrisen for fotgjengere og syklister er satt basert på erfaring, videotellingene og innsamlet data som gir et bilde på hvor mange myke trafikanter som beveger seg i dette krysset. Det samme er gjort for myke trafikanter i Grønnåsenkrysset.

4. Kjøretøysatferd og replikasjonsinnstillinger

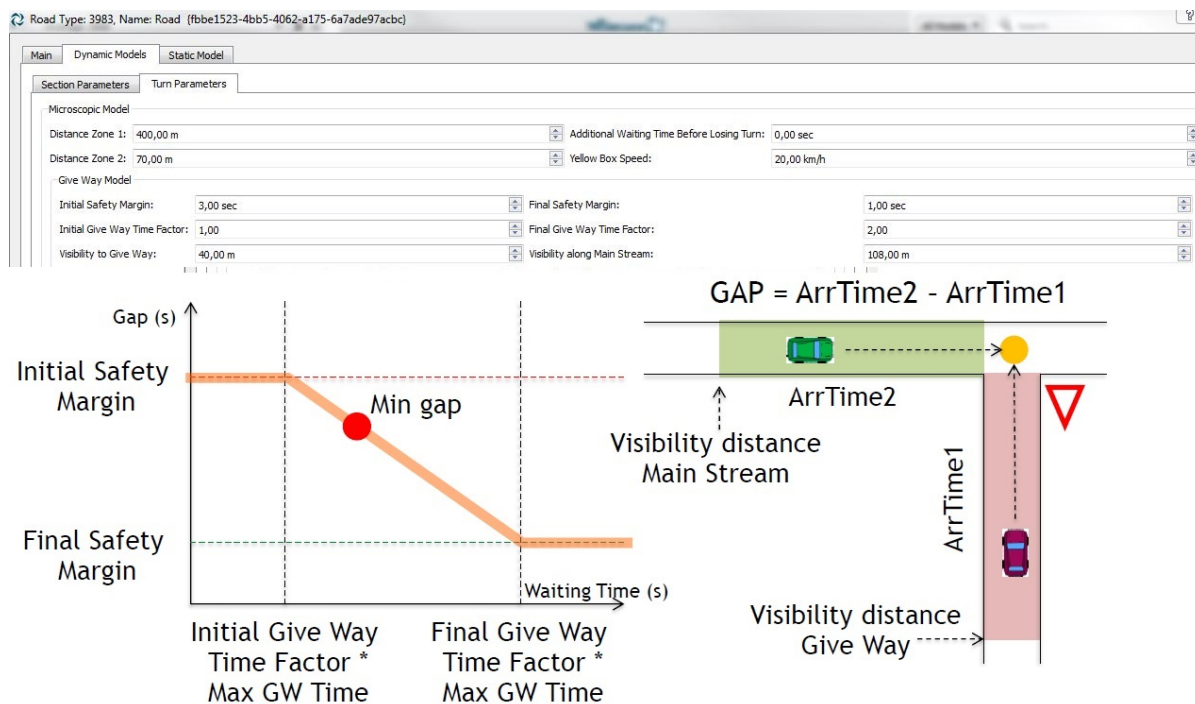
I modelleringen er standardverdier for kjøretøysatferdparametere i *user classes* og *vehicles* benyttet. Dette kan være en feilkilde for resultatene og vil diskuteres i kapittel 9. Det er gjort en innsats for å bygge modellene så feilfrie som mulig og dermed redusere unaturlig kjøretøysoppførsel. Til dette har bruk av funksjonen *Check and Fix experiment* under *Dynamic Scenario* vært viktig. Bruk av animert simulering har også vært viktig for å undersøke hvordan konseptenes oppbygging fungerer med valgte trafikkinnstillinger.

Det er likevel sett på hvordan Aimsun modellerer trafikk for å få innsikt i hvilke parametere det kunne vært aktuelt å endre på. Aimsun bruker mange modeller i et *Dynamisk Scenario* for å beskrive og beregne trafikken oppførsel i mikroskopiske modeller. De mest aktuelle modellene å se nærmere på er bilfølgemodellen, feltskiftemodellen og vikepliktsmodellen. Bilfølgemodellen tar utgangspunkt i Gipps modell ((TSS, 2016a)) som baserer seg på sikkerhetsavstand mellom kjøretøyene. Denne avstanden er avhengig av kjøretøyenes akselerasjons- og retardasjonsegenskaper. Modellen beregner kontinuerlig hvilke hastigheter kjøretøyene kan holde ovenfor hverandre uten at det går ut over sikkerheten.

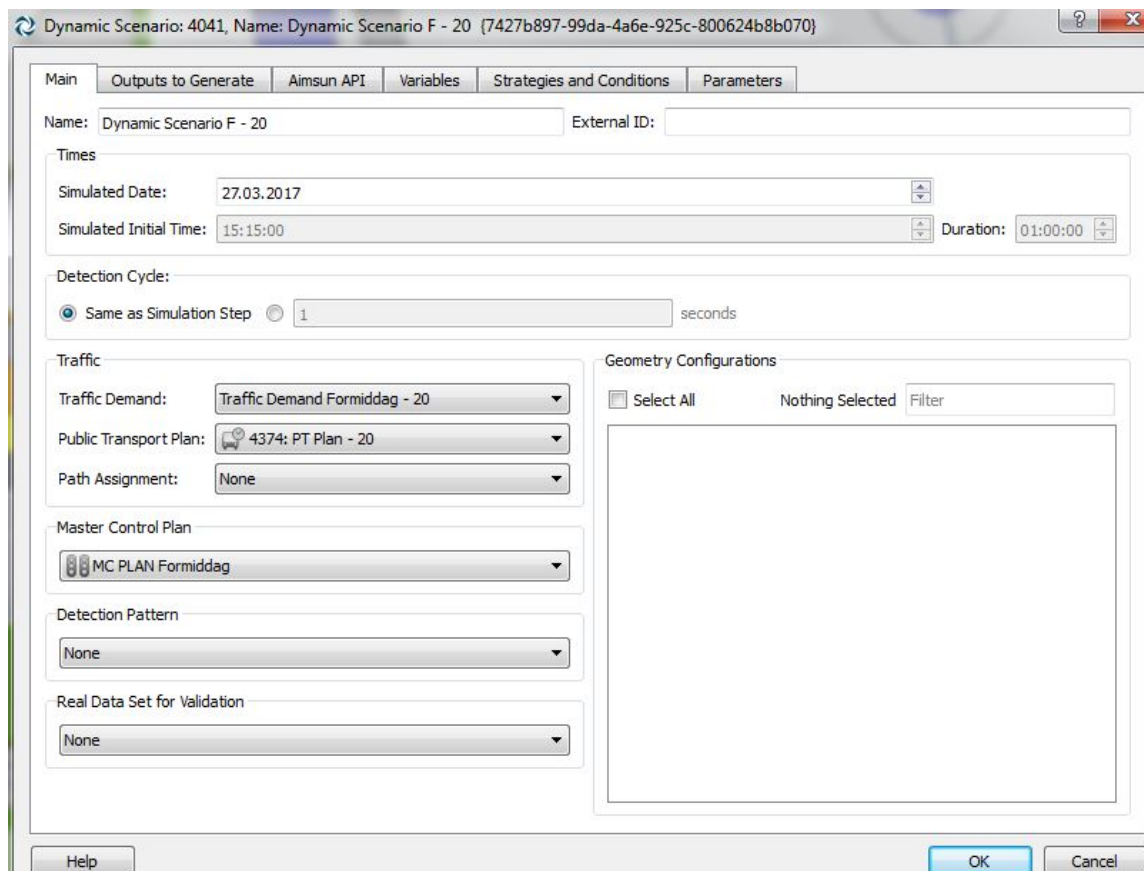
Feltskiftemodellen er en videreutvikling av Gipps feltskiftemodell (TSS, 2016a). I modellen utføres en spørreprosess hvor nødvendigheten av feltskifte vurderes. Dette gjøres gjennom en vurdering av vegens geometri, andre kjøretøyers hastighet og egen ønsket hastighet.

Vikepliktsmodellen i Aimsun gjøres gjeldende når vikepliktsskilting legges inn i en trafikkmodell. Modellen aktiveres når konflikterende kjøretøy kommer innenfor synlighetsdistansen til et potensielt kollisjonspunkt (*visibility distance Main Stream/Give Way*) som illustreres av figur 6.28. Figuren viser hvordan tidsluker (*Gap*) aksepteres som funksjon av ventetid (*Waiting Time*) for vikepliktige kjøretøy. Når et kjøretøy kommer inn mot et kryss gjelder *Initial Safety Margin* for luken, her på 3 sekunder. Dette er luken kjøretøyet ønsker. Når ventetiden øker, synker kjøretøyet krav til luke. Synker luken under *Final Safety Margin*, her 1 sekund, starter modellen på nytt for neste luke som kjøretøyet kan prøve å ta. Vikepliktsmodellen påvirkes spesielt av kjøretøysparametere som hastighet og akselerasjon.

Det ble vurdert å endre på vikepliktsmodellen for å gi bedre trafikkavvikling i rundkjøringene. Dette ble ikke gjort da det ble funnet tilstrekkelig å endre aggresjonsgrad for kjøretøy på seksjonene tilnyttet rundkjøringen.



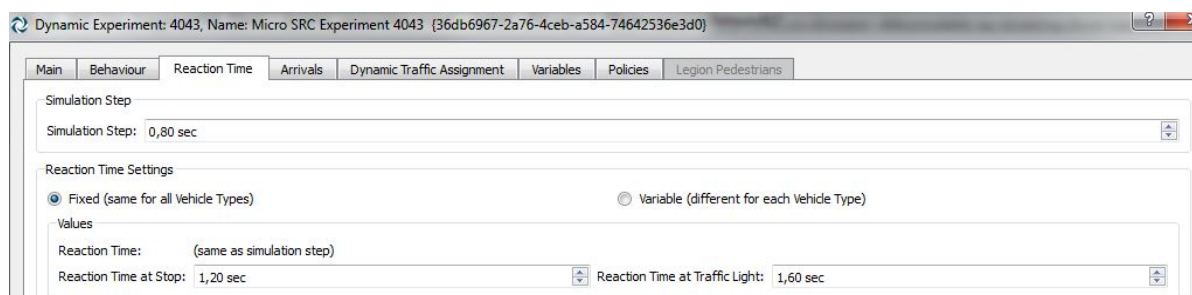
Figur 6.28: Innstillinger for vikepliktsparametere i Aimsun, (TSS, 2016 a)



Figur 6.29: Dynamic Scenario

I modellene er *Dynamic Scenario* benyttet for simuleringene. Figur 6.29 er et eksempel på hvordan et slikt scenario er satt sammen for et konsept med signalregulerte kryss. Her legges det inn trafikketterspørsel (*Traffic Demand*), kollektivtrafikk (*Public Transport Plan*) og en overordnet signalkontrollplan for kryssene (*Master Control Plan*).

Det er ikke foretatt endringer av parametere knyttet til eksperimentene under *Dynamic Scenario*. Parameteren *Simulation step* står på 0,80 s. Parameteren *Reaction Time* står på 1,20 s ved stop og 1,60 s, i lyskryss.



Figur 6.30: Dynamic Scenario

3D - modellering i Aimsun

I dette modelleringsarbeidet har det som nevnt innledningsvis i kapitlet, gått med en del tid til bygging av 3D-modeller for relevante byggverk og terrengformasjoner i caseområdet. Dette er gjort fordi 2D-modeller kan misforstås, spesielt når man modellerer i flere plan. Bruk av 3D-modeller gjør at leseren lettere kan sette seg inn i situasjonene som presenteres og gir økt forståelse for hva som er tenkt.

Aimsun modellerer automatisk kjøretøy i vegnettet under simulering. Velger man å se denne simuleringen i *3D-view*, bruker programmet forhåndsdefinerte modeller av kjøretøyene til å skape dybde i modellvisningen. Det er også mulig å importere 3D-modeller fra program som Autodesk 3ds Max, for å øke kvaliteten av 3D-visningen.

I dette arbeidet er 3D-modellene tegnet inn som polygoner i 2D-visning. De er så overført til 3D figurer ved å bruke funksjonen *Extrude polygon*. Deretter er de gitt høyder over bakken og deres egne høyder i modellen.

3D-figurene i vedlagte Aimsun modeller viser forenklede fremstillinger av hus med lysegule polygoner, grøntarealer med grønne polygoner, bruer med brunt rekkverk og lysegrått dekke, støttemurer i grått, søyler og endeopplegg for bro i grått, trapper i sort, bussholderplassenes ventearer med oransje polygoner og en nærliggende bensinstasjon i Stille Dal

krysset i gult og grått. For å oppnå helninger på broene er polygoner delt opp i mindre segmenter og justert med høyde over bakken.

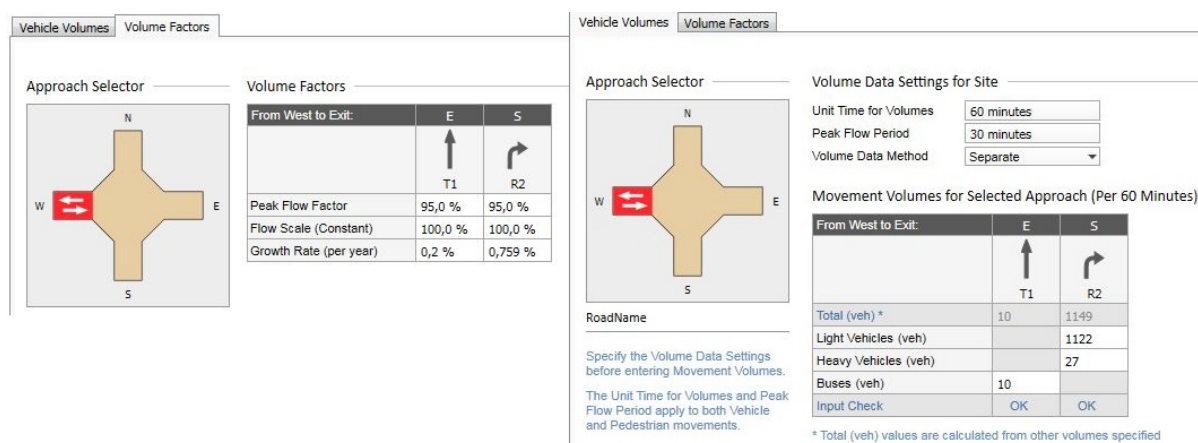
SIDRA INTERSECTION 7

SIDRA står for *Signalised INTERSECTION Design and Reseach Aid*. Programmet ble først utgitt i 1984. SIDRA utvikles av Rahmi Akcelik og hans kolleger i Melbourne, Australia. Programmet brukes til analysere og evaluere individuelle vegkryss og nettverk av vegkryss. Det kan modellere signalregulerte kryss (Aktiv og passiv regulering), fotgjengeroverganger med og uten signalregulering, rundkjøringer med og uten signalstyring, vikepliktsregulertekryss og motorveikryss analyser. Signalregulerte kryss kan stilles inn med en optimeringsfunksjon for signalsyklustiden. Dette gjør at brukeren slipper å prøve seg frem til en god signalregulering for det aktuelle krysset, noe som er tidsbesparende. SIDRA INTERSECTION kan modellere ulike trafikantgrupper som lette kjøretøy, tunge kjøretøy som buss, lastebiler, vogntog, sykler, lette tog og trikk. Trafikantgruppene kan tildeles egne felt, deler av felt og egne signalfaser. SIDRA INTERSECTION har også innebygde energi og utslippsmodeller som kan brukes til å analysere hvor miljøvennlig vegdesignet er. SIDRA INTERSECTION's nettverksmodell brukes til å bestemme spredning av kø bakover, når kø nedstrøms i et kjørefelt blokkerer oppstrøms kjørefelter. Standardverdier i SIDRA INTERSECTION bygger på trafikkdata fra eksisterende trafikksituasjoner rundt i verden.

SIDRA INTERSECTION har vært lite brukt i arbeidet med denne casestudien. Derfor beskrives ikke bruk av programmet og modelleringsprosessen i detalj her. Modellen som er bygget i figur 6.36 vil forklares kort og gi en beskrivelse av SIDRA INTERSECTION i dette arbeidet. Det er ikke gjennomført kalibrering og validering av SIDRA INTERSECTION modellen.

Målet med å bygge denne modellen var å produsere en supplerende analyse av konsept 4.3 som beskrives nærmere i delkapittel 7.4.3. Dette kommer av at dette konseptet er relativt komplekst, sammenlignet med de andre konseptene. Konsept 4.3 består av to signalregulerte rundkjøringer med midtstilt kollektivfelt gjennom sentraløya, en i Grønnåsen- og en i Stille Dal krysset. For å modellere dette i SIDRA ble hele casestrekningen delt inn i mindre kryss. Dette resulterte i 10 kryss som skulle modelleres i SIDRA INTERSECTION. Fire av kryssene er signalregulerte der buss skal ha prioritet gjennom. De resterende seks kryssene er fire vanlige T-kryss med tilfarter inn mot rundkjøringen og to kryss som fungerer som innsnevring av vegbanen fra to til ett felt og fra ett til to felt igjen.

Det er i hovedsak benyttet standardverdier i modellen. Endringer som er gjort er lengder på feltene inn til kryssene, ettersom dette er kryss som utgjør rundkjøringer i sum. Det er derfor viktig å ha omtrent riktige feltlengder som kjøretøy kan samles opp i og eventuelt danne kø. Denne effekten vil fanges opp i resultatene til SIDRA modellen. Kryssene er modellert med de samme kjørefeltene og forgjengerovergangene som i Aimsun modellene. Kjørefeltene har de samme dimensjonene som er beskrevet i byggingen av Aimsun modellene. Hastigheter inn mot kryssene i de to rundkjøringene er satt til 30 km/t. I de to kryssene mellom rundkjøringene er hastighetene 60 km/t. Inndata i SIDRA modellene er timesdata der hver svingebevegelse er summert fra tabellene i vedlegg B og lagt inn i tilhørende svingebevegelse i modellen. I kjørefelt der en svingebevegelse er summen av flere svingebevegelser fra andre kryss i nettverket, er disse summert for å finne tallet for total belastning av dette feltet gjennom denne timen. Tallene som er brukt er formiddagstall for makstimen ved 0 år. Dette illustreres i figur 6.31, hvor figurens høyre skjermbilde viser hvordan antall kjøretøy i de ulike svingebevegelser er lagt inn.



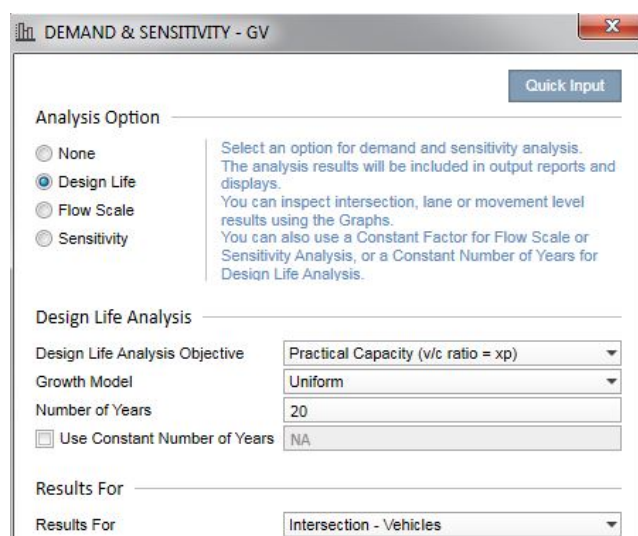
Figur 6.31: Kjøretøyklasser, volumer og vekstfaktor i SIDRA modellen

Figur 6.31 er et illustrativt eksempel på en av vegarmene inn i ett av de ti kryssene i SIDRA modellen. Her ser man i venstre skjermbilde at vekstfaktor for trafikk som skal rett frem er satt til 0,2 % pr år. Denne trafikken består av buss, slik høyre skjermbilde av figur 6.31 viser. Dette kommer av at krysset har midtstilte kollektivfelt. Annen trafikk må foreta høyresving og er gitt vekstfaktoren 0.759, som ble beregnet i kapittel 4. Vekstfaktoren for buss er valgt fordi vekst i busstrafikk antas å være liten og vil gi lite utslag i simulering av denne modellen. I alle 10 kryssene i SIDRA modellen er disse vekstfaktorene benyttet.

Peak Flow Period står på 30 minutter som er standardinnstillingen. Dette betyr at den

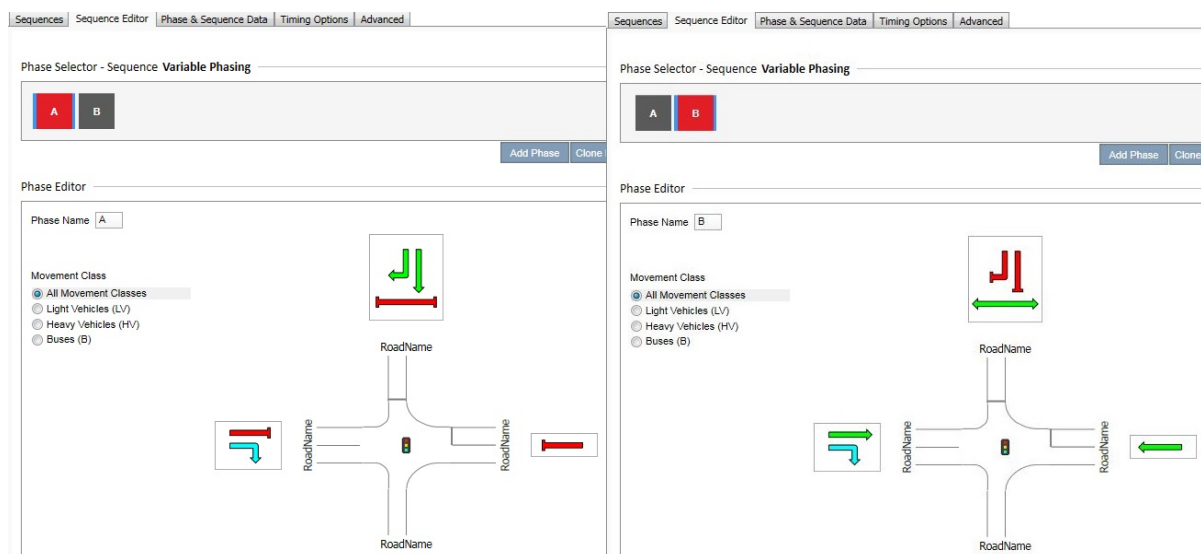
største trafikkbelastningen modellen bruker, fordeles over 30 minutter midt i makstimen. Dette vil i denne oppgaven være tidsrommet 15:30 - 16:00. De 15 minuttene før og etter *Peak Flow Period* vil da ha en noe lavere trafikkbelastning, avhengig av *Peak Flow Factor*. Denne faktoren regnes ut som gjennomsnittlig trafikk i makstimen (kjt/t), delt på gjennomsnittlig trafikk i *Peak Flow Period* (kjt/t) og er beholdt på 0.95 som er standardinnstillingen. Dette betyr for eksempel at gjennomsnittlig trafikk i Peak Flow Period er 1000 kjt/t og gjennomsnittlig trafikk i makstimen er 950 kjt/t. I tidsrommene 15:15 - 15:30 og 16:00 - 16:15 blir da gjennomsnittlig trafikk 900 kjt/t. Denne fordelingen av trafikken over makstimen i SIDRA stemmer godt overrens med trafikkutviklingen i figurene 3.12 - 3.15.

Modellen er bygget for å sammenligne resultater med trafikk etter 20 år i Aimsun. Derfor er *design life* på 20 år benyttet slik figur 6.32 viser. Dette betyr at SIDRA bruker de årlige vekstfaktorene over en 20 års periode for å beregne fremtidige trafikktall og simuleringresultater for modellen.



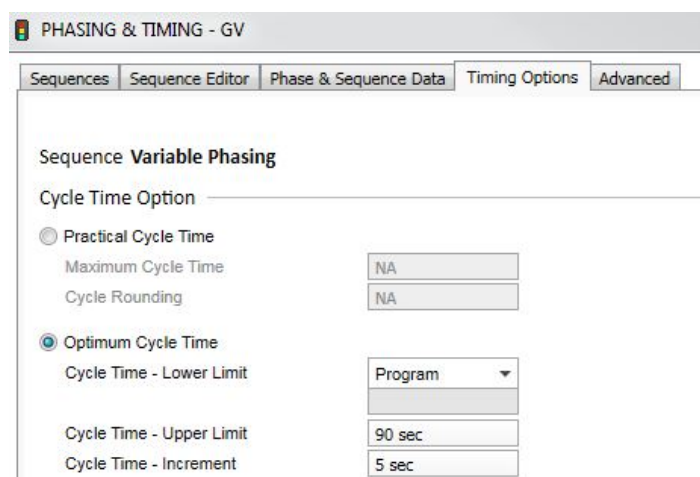
Figur 6.32: Analyseinnstillinger

Signalplanene i de fire signalregulerte kryssene i 6.36 er delt i to faser. Fase 1 har vanlig sirkulerende trafikk i rundkjøringen uten signalpåvirkning. Fase 2 har fotgjengere, buss og annen trafikk som ikke er i konflikt med buss eller forgjengere. Det er ikke lagt inn bussprioritering i de signalregulerte kryssene. Alle signalregulerte kryss er også innstilt som *Actuated* (Aktive).



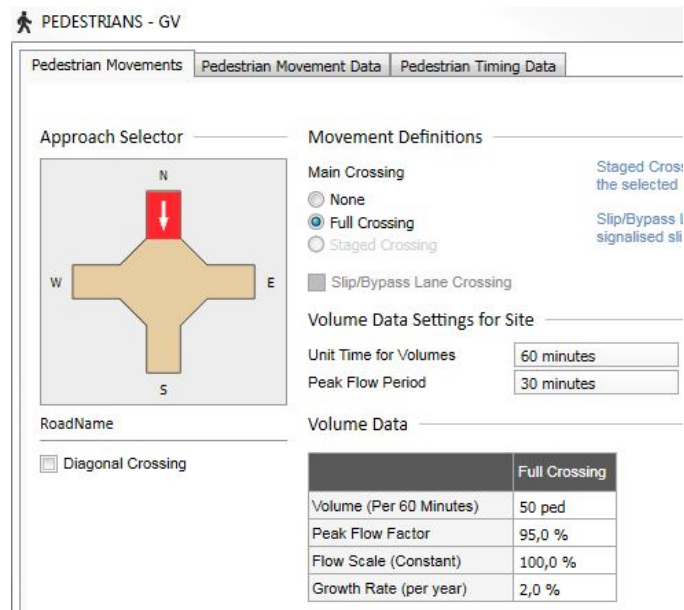
Figur 6.33: Faseplan brukt for alle signalregulerte kryss i SIDRA modellen

Det er benyttet optimal syklustid for alle signalplanene, som figur 6.34 viser:



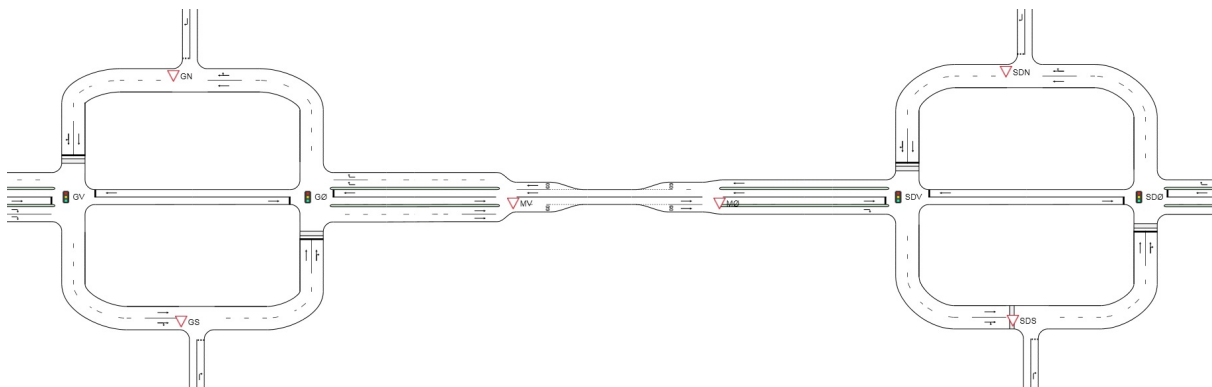
Figur 6.34: Innstillinger for signalplanene i SIDRA modellen

Fotgjengere som skal bruke fotgjengerovergangene for å gå inn på bussholdeplassens venteareal er satt til 50 personer akkumulert gjennom makstimen i Stille Dal krysset og 75 personer i Grønnåsenkrysset. Dette er symbolske antall og er valgt fordi det bidrar til å påvirke trafikkavviklingen i modellen. Manglende tall på busspassasjerer i makstimen for hvert av busstoppene langs casestrekningen, er grunnen til at symbolske tall er valgt. Tallene er delvis basert på erfaring, videotellingene og på tabell 3.5.



Figur 6.35: Innstillinger for fotgjengere i SIDRA modellen

Resultatet av SIDRA modelleringen vises i figur 6.36. Resultatene fra denne modellen vil presenteres i kapittel 8 og diskuteres i kapittel 9.



Figur 6.36: K4.3 modelert i Sidra

6.2.4 Verifisering

Verifisering er fasen av trafikkmodelleringen der det kontrolleres for logiske feil. Dette kan være feil i programmet, datagrunnlaget, kodingen og mangler i modellens innstillinger. Dette gjøres ved å bruke programmens feilsøkefunksjoner, dobbeltsjekk inndata og ved å studere animert simulering av modellen. Når modellen er endret tilstrekkelig og opptrer som forventet, går man videre til kalibreringssteget i simuleringsprosessen.

I Aimsun er alle modellene sjekket for manglende innstillinger omtrent for hver endring av modellen i modelleringsfasen av denne oppgaven. Funksjonen *Check and Fix experiment* genererer en feillogg som gav god oversikt over modellens uoverensstemmelser og ble mye brukt i dette arbeidet.

I SIDRA INTERSECTION får man en varselmelding hvis det er noe som ikke stemmer når man prøver å prosessere modellen. Feilen beskrives i meldingen og kan da endres før man prøver igjen. I SIDRA's nettverksmodell får man opp en diagnoseoversikt for hver gang man prosesserer. Nettverksmodellen er verifisert ved bruk av denne oversikten.

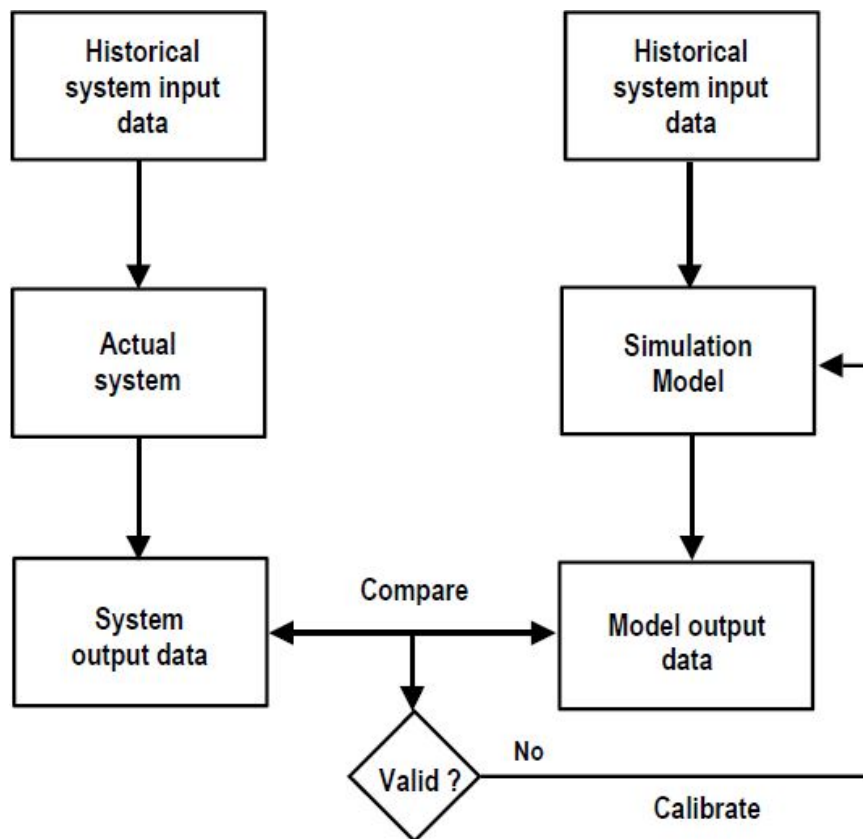
6.2.5 Kalibrering

Kalibrering av en trafikkmodell er nødvendig for at modellen skal gi en gyldig representasjon virkeligheten. Dette gjøres ved å justere modellparameterne slik at modellen gjenspeiler trafikkforholdene som gjelder i studieområdet. Dette bør gjøres i alle slike studier ved å se på rimeligheten av for eksempel reisetider, hastigheter og kølengder i modellen, sammenlignet med virkeligheten. For å gjøre dette må det innhentes to uavhengige trafikkdatasett fra studieområdet. Et datasett brukes i simuleringsmodellen til kalibrering og et brukes til å validere. Dette er en tidkrevende prosess da det er mange mulige parametere å endre på og mange kombinasjoner av disse endringene. Prosessen illustreres av figur 6.37 der kalibreringen foregår i stegene *Simulation Model*, *Model output data* og *Valid?*. I steget *Simulation Model* bygges modellen og parametere justeres. Dette genererer utdata i *Model output data* som skal sammenlignes med tilsvarende data fra virkeligheten. Når denne sammenligningen er gjennomført, vurderes validiteten (*Valid?*) av modellen. Dette beskrives i 6.2.6.

I arbeidet med SIDRA INTERSECTION har ikke dette vært utført. Modellen fungerer tilstrekkelig for dette arbeidet med standardverdier og innstillingene som er gjort. Resultatene virker rimelige sammenlignet med resultatene for konseptmodellen i Aimsun. SIDRA modellen av konsept 4.3 har mange feilkilder og dette diskuteres i kapittel 9.

Modellene i Aimsun er bygget slik at de avviker trafikk på en god måte med standardinnstillingene som er i programmet. Derfor er det antatt at Aimsun's standardverdier er gode nok for dette arbeidet. Det ikke gjort annen kalibrering enn å vurdere rimelighet i reisetider basert på erfaring. Alle konseptmodellene inneholder også avvik i utforming, sammenlignet med dagens vegstrekning. Det betyr at modellene ikke kan sammenlignes direkte med dagens trafikksituasjon. For å kalibrere modellene i dette arbeidet må

det derfor modelleres et nullalternativ. I kapittel 9 diskuteres det hvordan kalibrering av modellene i denne oppgaven kunne vært gjort.



Figur 6.37: Fremgangsmåte for kalibrering og validering, hentet fra *Aimsun User Manual*, (TSS, 2016a)

6.2.6 Validering

I denne fasen kontrolleres det at trafikkmodellen er representativ for situasjonen i studien. Dette steget er illustrert som *Valid?* i figur 6.37. Kontrollen avdekker om man har uoverensstemmelser mellom modellresultatene og valideringsdataene man har tilgjengelig. Valideringsdataene er trafikkdata som kan sammenlignes med utdata fra simuleringsmodellene. Dette kan være kølengder, hastighet, reisetider og forsinkelse. Trafikkmodellens validitet øker med antall ulike data som innhentes og kan sammenlignes med modellresultatene. Avdekkes uakseptable avvik må man gå tilbake til oppbygging av simuleringsmodell og kalibrering. Når trafikkmodellens resultater stemmer tilfredsstillende overens med virkeligheten kan modellen vurderes som validert.

Det er ikke utført validering på trafikkmodellene i denne casestudien. Dette vil diskuteres

i kapittel 9, med tanke på hvor virkelighetsnære trafikkmodellene i denne oppgaven er.

6.2.7 Alternativsanalyse

En alternativsanalyse gjøres ved bygging av alternative modeller for studieområdet. Den kan også gjøres ved å bruke ulike trafikkdata for den samme modellen og studere endringer i trafikkavviklingen. Alternative modelleringer vil følge den samme prosedyren i figur 6.1 som beskrives i dette kapittelet.

I dette arbeidet er det modellert 12 alternative løsninger og benyttet trafikkdata for morgen- og formiddagstrafikk. Dette presenteres i kapitlene 7 og 8.

6.2.8 Dokumentering

Dokumentering av utført arbeid er en redegjørelse av prosessen, valg underveis og resultater. Det er viktig med tilstrekkelig detaljgrad slik at andre som ønsker å etterprøve arbeidet kan gjøre det. Dokumentasjonen bør inneholde informasjon om bakgrunn, formål og avgrensning, antakelser, forenklinger, inndata, programvare, kalibrering, validering, sensitivitetsanalyse, konklusjoner og usikkerhetsfaktorer.

Prosessrapporten i denne masteroppgaven er dokumenteringen av dette arbeidet.

6.3 Resultatdata

Det er nesten bare brukeren som setter begrensninger for hvilke resultatdata programmene Aismun og SIDRA INTERSECTION leverer. Resultatdataene gir et bilde på tiltakets trafikkavviklingseffekt på vegsystemet som studeres. Eksempler på slike data er forsinkelse, LOS, metningsgrad, stopptid, kø, reisehastigheter, reisetid, tetthet, trafikkflyt og så videre. I denne casestudien er det valgt å begrense uttaket av resultatdata til trafikkavviklingsskvalitet indikatorne reisetid (*Travel time*), forsinkelsestid (*Delay time*), *Level of service*, stopptid (*Stop time*) og simulerte maks kølengder (*Max queue length*). Det vil også gjøres en studie av interessante forbindelser i OD-nettverket. Det er for det meste valgt å presentere disse dataene grafisk i denne oppgaven. Dette er valgt fordi mengden resultatdata er blitt enorm og vanskelig å fremstille oversiktlig uten grafiske illustrasjoner. I de neste underkapitlene forklares hvordan hver av disse datatypene defineres er i

Aimsun og SIDRA INTERSECTION.

6.3.1 Reisetid

Reisetid defineres som den gjennomsnittlige tiden et kjøretøy trenger for å reise en kilometer i det modellerte nettverket. Reisetidsverdien er snittet av reisetiden for hvert enkelt kjøretøy som reiser gjennom nettverket, omgjort til sekund pr. kilometer [s/km], (TSS, 2016a).

6.3.2 Level of service

Level of service (LOS) er et kvantitativt mål på trafikkavviklingskvalitet i vegsystemelementer. Et vegelement kan rangeres på en skala med 6 nivåer fra A - F. Et vegelement med nivå LOS A gir brukerne den beste trafikkopplevelsen mens LOS F gir den dårligste. I resultatkapittelet er konseptenes LOS nivåer navngitt med tall fra 0 - 6. Nivå 0 og 1 betyr LOS A. Nivå 6 betyr LOS F.

LOS A:

- Fri trafikkflyt
- Kjøretøyene møter ingen hindringer når de skal bevege seg i trafikkstrømmen
- Hendelser og sammenbrudd absorberes enkelt

LOS B:

- Relativt fri trafikkflyt
- Noen begrensninger på bevegelsesmulighetene
- Det generelle nivået av fysisk og psykisk komfort for førerne er høyt
- Hendelser og sammenbrudd absorberes enkelt

LOS C:

- Trafikkflyten synker litt under fri flyt hastighet
- Merkbare begrensninger i bevegelsesmulighetene
- Feltbytter blir vanskeligere

- Mindre hendelser blir absorbert men vil midlertidig skape lokale problemer
- Køer kan dannes bakover fra blokkeringer

LOS D:

- Farten begynner å avta med økende flyt
- Bevegelsesfriheten er begrenset
- Førerne opplever lavere fysisk og psykisk komfort
- Selv små hendelser resulterer i køer

LOS E:

- Flyt er ved eller tett ved sin kapasitet
- Få brukbare luker i trafikken
- Tett mellom kjøretøyene
- Forstyrrelser som for eksempel feltbytter kan skape bølger som beveger seg gjennom oppstrøms trafikkflyt
- Kan ikke løse opp selv små forstyrrelser, hendelser vil skape sammenbrudd i trafikkflyten

LOS F:

- Sammenbrudd og overmetning
- Stopp og kjør forhold
- Inntreffer når hendelser skaper en midlertidig reduksjon i kapasitet, på steder der det forekommer opphopning og flyt (etterspørsel) overgår kapasitet

Nivåbeskrivelse hentet fra (Aakre, 2016a).

LOS - rangeringen brukes for å sammenfatte komplekse numeriske beregninger av effektivitetsparametere, i et enkelt graderings system. Dette gjør LOS til et kriterium som er godt egnet for beslutningsprosesser. I bestemmelse av LOS er trafikkforsinkelse og kø de viktigste ytelsesmålene ((Gartner, 1997)).

I SIDRA klassifiseres LOS slik figur 6.38 viser:

Level of Service	Control delay per vehicle in seconds (d)			Degree of saturation (v/c ratio) (x)
	Signals	"SIDRA Roundabout LOS" option	Sign Control	
A	$d \leq 10$	$d \leq 10$	$d \leq 10$	$0 < x \leq 0.85$
B	$10 < d \leq 20$	$10 < d \leq 20$	$10 < d \leq 15$	$0 < x \leq 0.85$
C	$20 < d \leq 35$	$20 < d \leq 35$	$15 < d \leq 25$	$0 < x \leq 0.85$
D	$35 < d \leq 55$	$30 < d \leq 50$	$25 < d \leq 35$	$0 < x \leq 0.85$
	$0 < d \leq 55$	$0 < d \leq 50$	$0 < d \leq 35$	$0.85 < x \leq 0.95$
E	$55 < d \leq 80$	$50 < d \leq 70$	$35 < d \leq 50$	$0 < x \leq 0.95$
	$0 < d \leq 80$	$0 < d \leq 70$	$0 < d \leq 50$	$0.95 < x \leq 1.00$
F	$80 < d$	$70 < d$	$50 < d$	$1.00 < x$

Figur 6.38: LOS klassifisering - SIDRA INTERSECTION brukermanual, (AkcelikAndAssociates, 2016c). Denne tabellen gjelder også for LOS-gradering i Aimsun (TSS, 2016a).

6.3.3 Forsinkelse

Forsinkelsestid (*Delay time*) beregnes som differansen mellom forventet (ideel) reisetid og faktisk reisetid. Den beregnes som gjennomsnittet av alle kjøretøyene og gir gjennomsnittlig reisetid per kjøretøy per kilometer (sekund/km), (TSS, 2016a).

6.3.4 Max kølengde

Aimsun:

Max kølengde er hentet ut fra Aimsun som høyeste antall kjøretøy i hvert kjørefelt, (TSS, 2016a).

SIDRA INTERSECTION:

Fra SIDRA er det valgt å bruke *Queue storage ratio (Average)* fra *Network Output*. Denne beregnes ved at bakenden på køen i et kjørefelt gir kølengden, som deles på kjørefeltets lengde, (AkcelikAndAssociates, 2016c). Dette gir grad av kø i det aktuelle kjørefeltet.

6.3.5 Stopptid

Stopptid er i denne oppgaven hentet ut fra Aimsun som gjennomsnittlig tid ved stillstand på en seksjon pr bil, (TSS, 2016a).

7 | Konseptene

I dette kapitlet presenteres de utviklede konseptene slik de er modellert. Konseptene er satt sammen av ideer presentert i skissefasen, men også nye ideer som dukket opp under modelleringsarbeidet. Alle konseptene er modellert i 2D og 3D. Alle illustrasjonene som presenteres her er orientert mot nord. Løsningene i alle konseptene er dimensjonert basert på trafikkavviklingserfaringer under simulering av konseptene.

Felles for alle konseptene er at buss skal ha førsteprioritet i vegkryssene. Sykkel og fotgjengere skal også prioriteres over andre kjøretøy, i den grad det lar seg gjøre.

Alle konseptene foreslår sykkelveg langs hele strekningen. I Grønnåsenkrysset krever dette en gang-/sykkelbro over vegarm GS og en oppgradering av dagens gang-/sykkelbro over vegarm GV. I Stille Dal krysset foreslås gang-/sykkelbro over vegarm SDS som alternativ til lysregulert kryssing i plan som eksisterer i dag. To gang-/sykkelbroer langs primærvegen muliggjør uavbrutt sykling fra Hunstadkrysset i øst til Thallekrysset i vest.



Figur 7.1: Gang- og sykkelveger vest for caseområdet, (Bypakke, 2014)

Figur 7.1 viser hvordan sykkelvegen fra denne caseoppgaven kobles til Bypakke Bodøs arbeider mellom Skeid og Thallekrysset, illustrert med rød stiplelinje.

Broenes utforming er resultat av valgt stigning på 7 prosent og funksjonalitet fremfor kostnad. Statens Vegvesen har definert de to kryssområdene som utenfor bysentrum, noe som gjør at 7 % stigning er innenfor kravet i håndbok V122 *Sykkelhåndboka*, (Vegvesen, 2014c).

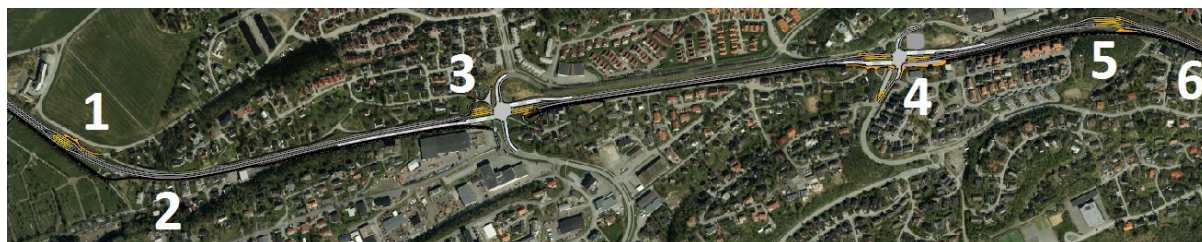
Fotgjengere skal benytte eksisterende gangvei, utenom de foreslåtte gang-/sykkel broene over vegarmene GS og SDS. Den tenkte infrastrukturen for syklist og fotgjengere utenfor kryssområdene går igjen i alle konseptene og beskrives derfor bare i konsept 1. I arbeidet med modellering av casestrekningen har fokus vært på kryssområdene. Derfor er det disse som vektlegges i presentasjonen av hvert konsept videre i dette kapittelet.

7.1 Konsept 1 - Ett midtstilt toveis kollektivfelt

Konsept 1 er en utredning av ett midtstilt kollektivfelt på casestrekningen. Først beskrives strekningen slik den er modellert og så presenteres konseptets kryssløsninger.

Strekningsbeskrivelse

Dette konseptet går ut på å beholde dagens 3-felt løsning ved å dedikere det midtre feltet til kollektivtrafikk i begge retninger. Det er på dagens vegstrekning verken behov for 2 kollektivfelt eller rom for utvidelse til 4 felt. Derfor er denne løsningen foreslått.



Figur 7.2: Konsept 1 - Oversikt

Nummereringen på oversiktsbildet markerer viktige områder på strekingen. Dette er deler av strekningen som har konflikterende ferdsel mellom trafikantgruppene, geometriske begrensinger eller er et sted av interesse. Område 3 er Grønnåsenkrysset og område 4 er Stille Dal krysset. Kryssområdene vil omtales med navn og ikke nummer i dette kapittelet.

Basert på innhentet kunnskap om antall busser i hver retning gjennom makstimen, antas det at det vil være flere minutter mellom hvert busstmøte. Casestrekningen er relativt rett og oversiktlig slik figur 7.2 viser. Det er derfor tenkt fire måter å løse en slik bruk av midtfeltet på. Kombinasjoner av disse kan også gi fornuftige reguleringer.

1. Vikeplikt

Det kan tenkes at strekningen kan reguleres med vikepliktsregler for bussene. En buss som reiser med rushtidsretningen har forkjøringsrett ovenfor møtende buss. Det kan generelt være en regel om at den som har færrest hindringer av de to bussene viker, basert på førernes skjønn.

2. Signalregulering

Dette er tanken om jernbane på veg. Den tryggeste måten å avvikle kollektivtrafikken i dette systemet er å gi grønt eller rødt lys for bruk av neste vegseksjon når en buss skal videre fra en holdeplass til neste. Dette fungerer slik som skytteltrafikk gjennom vegarbeidsområder. Det kan likevel virke mot sin hensikt da busser får ekstra ventetid ved stopp på rødt lys. I dette systemet kan det ta opp mot 1 minutt å kjøre fra busstopp til busstopp. Busser som står stille så lenge er sannsynligvis ikke effektive nok, sammenlignet med en strekningsløsning der buss benytter samme felt som annen trafikk.

3. Takting

Dette går ut på å unngå at busser møtes ved å legge opp rutetabellene slik at tiden mellom bussene på en seksjon blir så lang som mulig. Takting med målsetting om at busser skal passere hverandre på holdeplassene i størst mulig grad, er også en måte dette kan løses på.

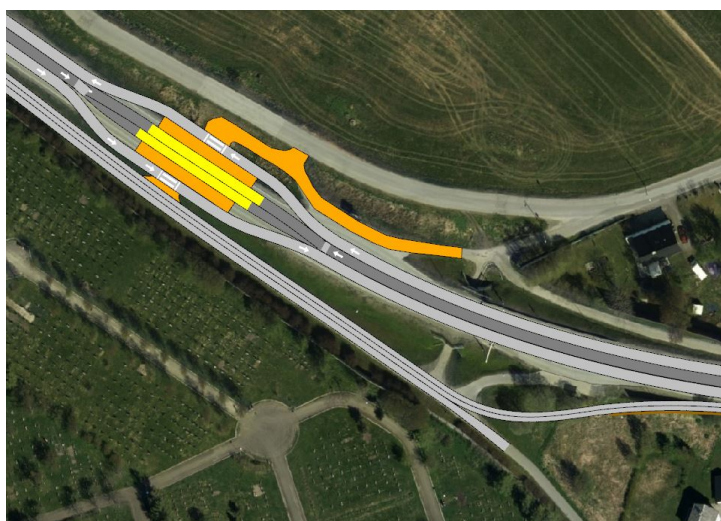
4. Sanntidssystem

Det tenkes et system der GPS eller detektorer i vegbanen omtrent til enhver tid vet hvor bussene befinner seg. Systemet gir bussens fører kontinuerlig informasjon om tid til neste møtende buss. Dette vil bidra til at føreren får en ekstra kontrollfunksjon i tillegg til sin egen årvåkenhet. Systemet kan også tenkes å gi informasjon om vegseksjonen mellom holdeplassen bussen står på og neste holdeplass er åpen for bruk, eller om det kommer en møtende buss. Da kan føreren velge å kjøre i blandet trafikk fremfor å kjøre i kollektivfeltet basert på tidsluken frem til møtende buss.

I Aimsunmodellene er dette forenklet med å legge inn en seksjon for en retning og så legge motsatt retning over denne. Det gir buss muligheten til å reise upåvirket av annen trafikk

mellom kryssområdene. Forenklingen gjør at man i prinsippet får resultater som om det skulle vært to kollektivfelt og ikke ett. Det er ikke funnet en måte å regulere en seksjon med trafikk i begge retninger i Aimsun. Derfor er det ikke undersøkt hvordan to busser møtes i samme felt. Det antas derfor at simuleringsresultatene er noe bedre enn de vil være med busser som viker og legger seg ut i høyre felt med annen trafikk til bussene har passert hverandre. Dette tenkes likevel ikke å føre til noen markant forsinkelse i bussenes reisetid og det antas at simuleringsresultatene gir et relativt riktig bilde på en slik løsning.

Alle 3-felt løsningene har midtstilte holdeplasser på Skeid 7.3 og Stille Dal 7.5. Her må fotgjengere krysse primærvegen til og fra holdeplassen. Primærvegen er derfor ført i bue rundt holdeplassområdet slik at kjøretøy skal kjøre noe mer forsiktig gjennom. Det er også tenkt å skilte ned til 30 km/t på strekningen frem til fotgjengerovergangene. Lysregulering av fotgjengerovergangene kan også være aktuelt. Det kan videre være aktuelt å legge inn fotgjengerovergang mellom de to ventearealene på holdeplassen.



Figur 7.3: 3-feltskonsepter - Område 1

Holdeplassenes ventearealer er markert som oransje rektangler, parallelt med de to gule rektanglene. De gule rektanglene er bussernes stoppområder. Begge stoppområdene er 40 m lange og tillater 2 busser å stå her på samme tid. Kollektivfeltene er de mørkegrå feltene i midten av vegbanen. Gang-/sykkelvegen følger eksisterende trase sør for 3-feltsvegen, frem til sykkelvegen flyttes inn langs vegbanen.



Figur 7.4: 3-feltskonsepter - Område 2

Figur 7.4 viser område 2 fra figur 7.2. I dette området er det tenkt at sykkelvegen skal legges langs bilveg, mens fotgjengere skal bruke eksisterende trase gjennom boligområdet i sør. Det er per idag lite tilgjengelig areal for en slik sykkelveg. En slik løsning vil dermed kreve inngrep i eiendommene sør for vegen ved at støyskjermen som står her idag må flyttes nærmere husene markert med lys gulffarge på figur 7.4. Syklistene kommer nært trafikken og et gjerde bør benyttes for å skille disse trafikantene.

Figur 7.5 viser område 5 fra figur 7.2. I dette området er det tenkt samme løsning som for holdeplassen i område 1. En slik løsning vil kreve utbygging av området som ligger nord for eksisterende vegbane. Her er det også aktuelt å legge inn fotgjengerfelt over kollektivfeltene. Sykkel- og gangvegen legges i gammel trase sør for vegen.

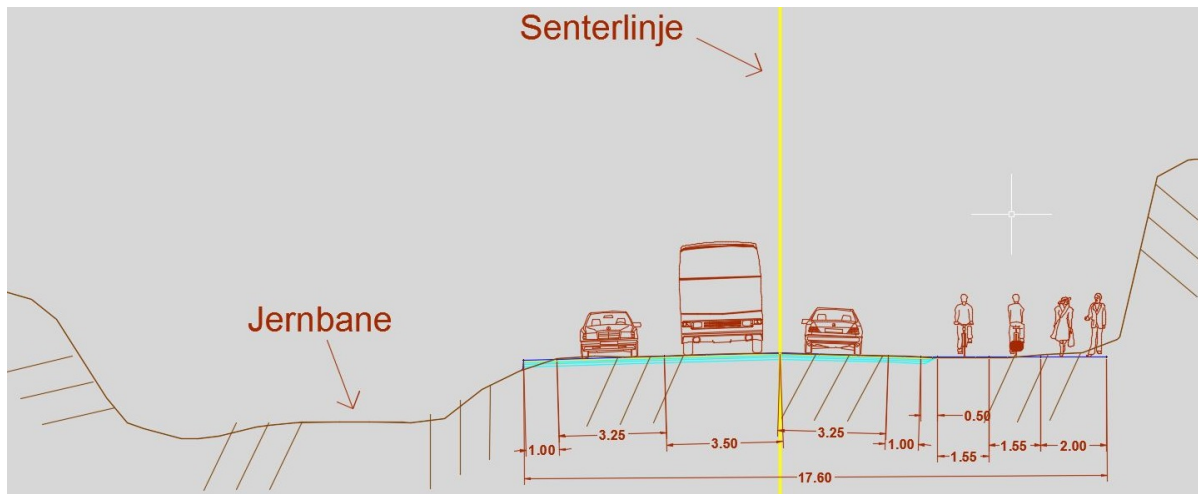


Figur 7.5: 3 - feltskonsepter - Område 5

I område 6 fra figur 7.2 markeres en utfordring for 3-feltskonseptene. Dette kommer frem av figur 7.6 og 7.7. Sør for gang-/sykkelvegen er det en skjæring, bygget opp med støttemur. Denne begrenser tilgjengelig areal. I nord ligger jernbanen som begrenser i denne retningen. I figur 7.6 er denne støttemuren markert med en grå polygon langs sørsiden av gang-/sykkelvegen. Tverrsnittet i figur 7.7 viser hvordan konseptene med ett midtre toveistraffikert kollektivfelt er tenkt. Dimensjonene i meter [m], er tegnet inn for å illustrere at det kan være rom for en slik løsning langs dagens trase.

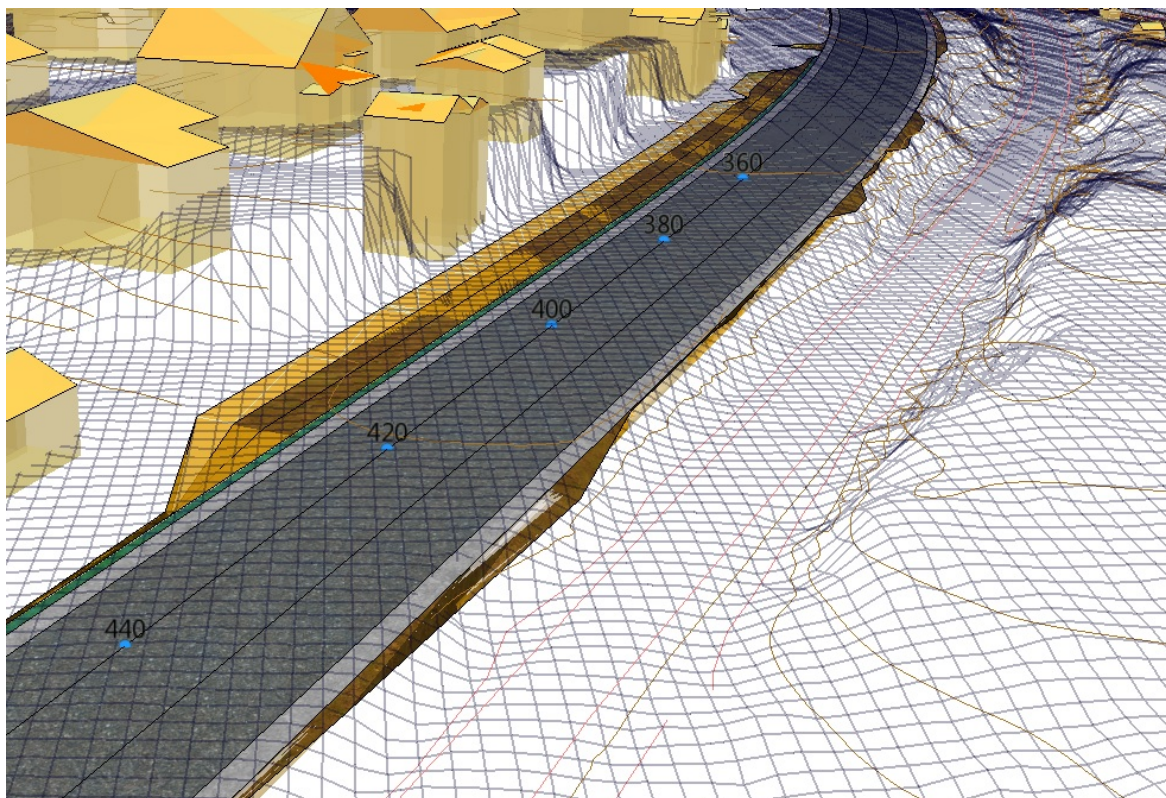


Figur 7.6: 3-feltskonsepter - Område 6 - Ovenfra



Figur 7.7: 3-feltskonsept - Område 6 - Tverrprofil ved 400 meter i figur 7.8

Figur 7.8 viser en 3D-modell av området fra Novapoint. Her ser man at konseptenes utforming kan få plass med tenkte dimensjoner. Fortau er modellert i lys brun farge, innerst mot skjæringen. Sykkelvegen med ett felt i hver retning kommer så i mørkere brunfarge. Den smale grønne stripen er 1 m i bredde og utgjør sammen med den grå vegskulderen en buffer mellom trafikantene, på 2 m.

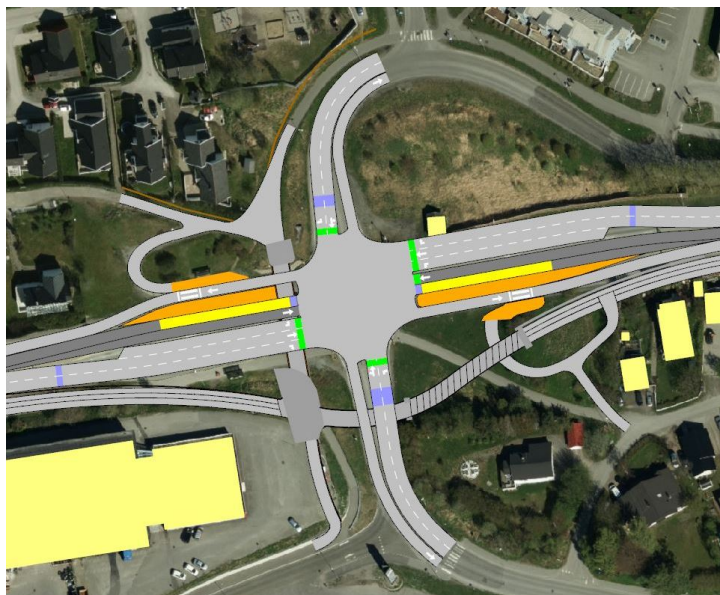


Figur 7.8: 3-feltskonsept - Område 6 - Modellert i Novapoint, sett fra øst

7.1.1 Konsept 1.1 - Signalregulert kryss med midtstilte kollektivfelt

Vedlagte modeller: K1.1.1 - Uten forenklete fotgjengere og K1.1.2 - Med forenklete fotgjengere.

Konseptet går ut på bruk av vanlige signalregulerte kryss hvor det føres to sentrerte kollektivfelt gjennom. Aktiv prioritering av buss når de ankommer krysset gjør at bussen slippes rett gjennom krysset og stopper først når den har passert. Dette gjør at bussen unngår stopp før og etter krysset. Busspassasjerer må krysse primærvegen før de kommer inn på holdeplassen. Dette er en utfordring for alle midtstilte holdeplasser og vil drøftes nærmere i kapittel 9 - Diskusjon.



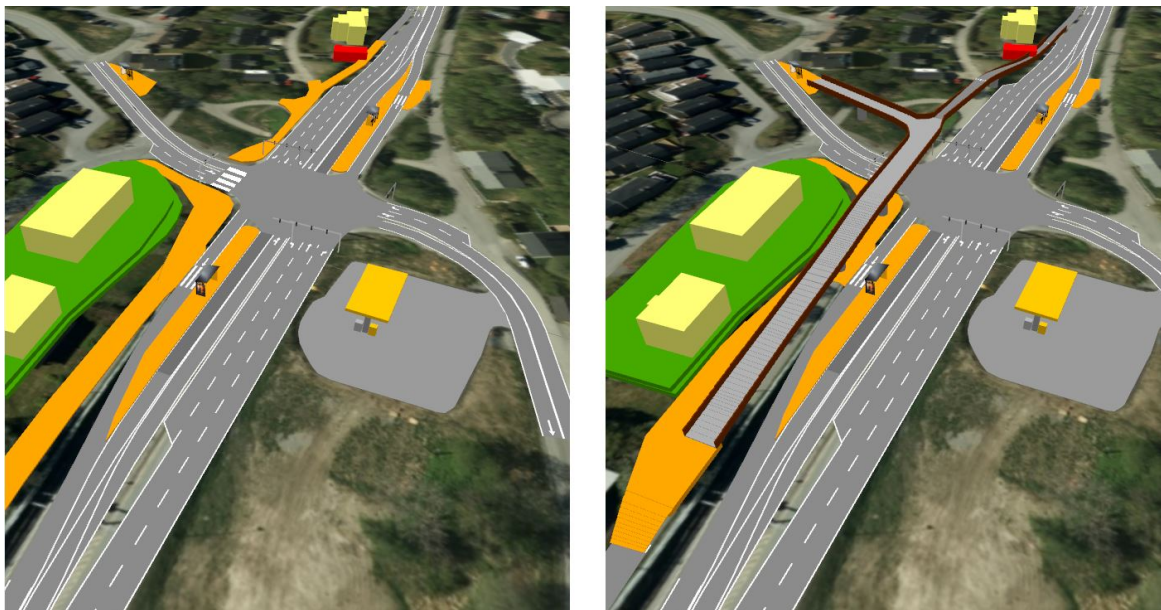
Figur 7.9: Konsept 1.1 - Grønnåsenkrysset ovenfra



Figur 7.10: Konsept 1.1 - Grønnåsenkrysset 3D, sett fra nord



Figur 7.11: Konsept 1.1 - Stille Dal krysset ovenfra

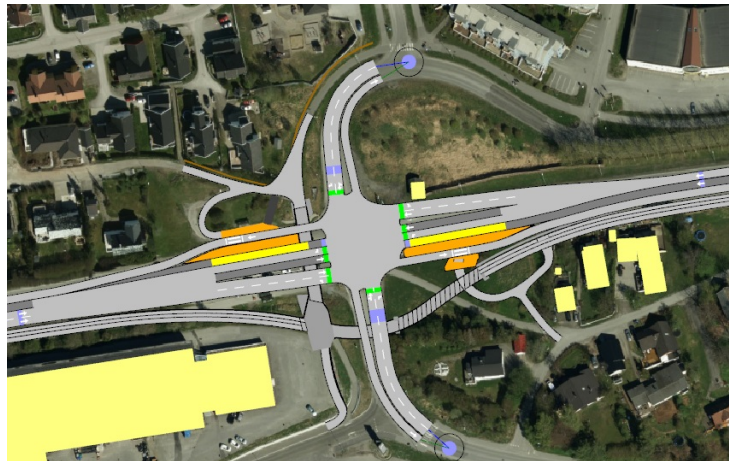


Figur 7.12: Konsept 1.1 - Stille Dal krysset i 3D, med og uten gang-/sykkelbro, sett fra nordøst

7.1.2 Konsept 1.2 - Signalregulert kryss med venstresvingefelt mellom midtstilte kollektivfelt

Vedlagt modell: K1.2

I konsept 1.2 er en alternativ utforming av Grønnåsenkrysset testet ut. Her flyttes venstresvingende trafikk på primærvegen inn mellom kollektivfeltene frem mot krysset. Dette gjør at venstresvingebevegelsens konflikterende bevegelser reduseres og gir nye muligheter for signalreguleringen av krysset. Faseplan for dette krysset er å finne i vedlagt Aimsun modell. En utfordring her har vært å unngå oppsamling av venstresvingende trafikk som blokkerer for buss som skal prioriteres gjennom krysset. Dette er løst ved justering av faseplanen og forlenging av venstresvingefeltet.



Figur 7.13: Konsept 1.2 - Grønnåsenkrysset ovenfra



Figur 7.14: Konsept 1.2 - Grønnåsenkrysset, sett fra nordøst

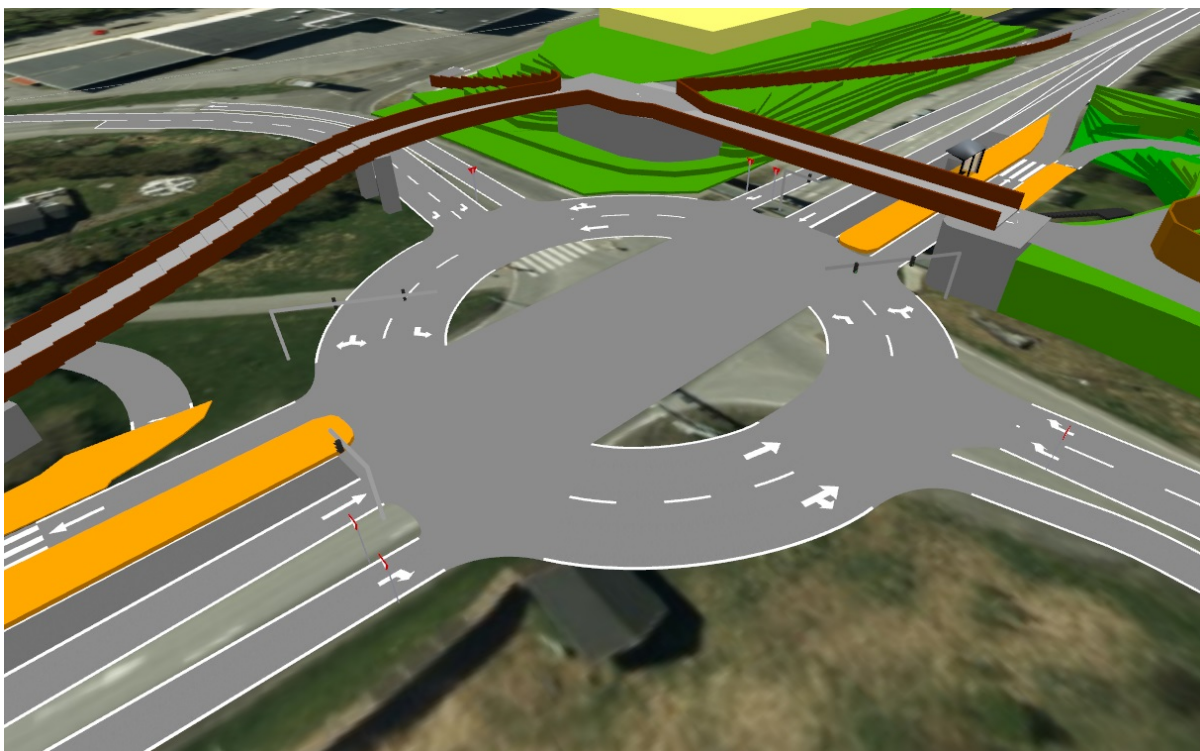
7.1.3 Konsept 1.3 - Signalregulert rundkjøring med midtstilte kollektivfelt gjennom sentraløy

Vedlagt modell: K1.3

Konsept 1.3 prøver ut signalregulerte rundkjøringer med midtstilt kollektivfelt i begge kryssområdene. Dette fungerer ved at rundkjøringen fungerer som uten lyssignaler i fase 1. Når en buss ankommer stoppes konflikterende trafikk. Det vil si at høyresvingende trafikk kan kjøre også i en bussprioriterende fase. Dette går frem av vedlagt Aimsun modell.



Figur 7.15: Konsept 1.3 - Grønnåsenkrysset ovenfra

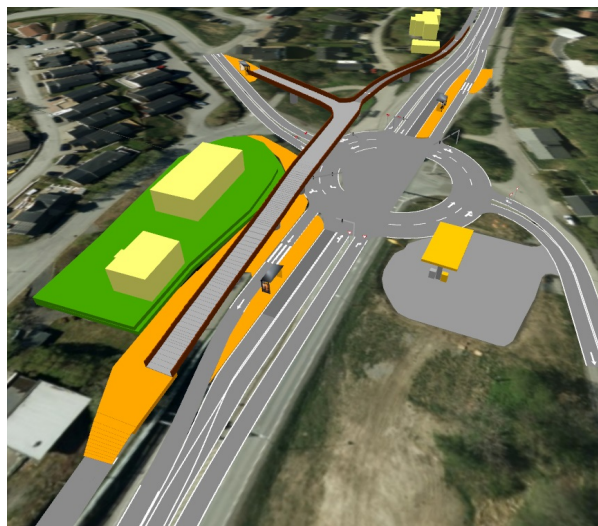


Figur 7.16: Konsept 1.3 - Grønnåsenkrysset 3D, sett fra nordøst



Figur 7.17: Konsept 1.3 - Stille Dal krysset ovenfra

Stille Dal krysset har lavere trafikkbelastning enn Grønnåsenkrysset. Det vises tydelig på antall felter det er behov for i tilfartene fra sekundærvegene. Stille Dal krysset har derimot flere bussruter å ta hensyn til. Det kan tilrettelegges for rute 2 som benytter sørlig tilfart og beveger seg til/fra øst, på to måter. Den ene løsningen er å la bussene i denne ruten benytte rundkjøringen slik den er. Da er det naturlig å gi dem signalprioritering i rundkjøringen slik at de ikke må vente på bussene i rute 1 og 4, hvis dette skulle inntreffe. Den andre løsningen er som figur 7.18 viser. Her kan buss fra øst mot sør slippe rett gjennom krysset via sentraløya. Konflikterende trafikk får rødt lys og må vente på at rute 2 passerer. For rute 2 busser fra sør mot øst, benyttes vanlig sirkulasjonsareal umiddelbart fordi trafikk fra venstre får rødt lys. Rute 2 fra sør kan da kjøre uten stopp og rett inn på det midtstilte kollektivfeltet på østsiden av krysset.



Figur 7.18: Konsept 1.3 - Stille Dal krysset 3D, sett fra nordøst

7.2 Konsept 2 - Vikepliktsregulerte kryss

Strekningsbeskrivelse

Konsept 2 baserer seg på en reduksjon av antall kjørefelt på casestrekningen fra 3 til 2. Dette gir mer rom til sykkelveg, se figur 7.20 og mindre behov for eiendomsinngrep. Feltreduksjonen kan derimot påvirke trafikkavviklingen på strekningen, noe som har vært viktig å forebygge gjennom modelleringen. Dette er grunnen til at det tre feltene er beholdt på østlig del av strekningen Skeid-Grønnåsenkrysset. Her er det stor trafikk i formiddagsrushet (15:15 - 16:15) og de tre feltene var nødvendige for å unngå kø, selv med nye trafikktall etter tunnelåpningen. Strekningen som foreslås i konseptene med 2 kjørefelt på primærvegen, har sidestilte bussholdeplasser. Figur 7.19 viser holdeplassene på Stille Dal og figur 7.20 viser holdeplassene på Skeid, område 5 i figur 7.2.



Figur 7.19: 2-feltskonsepter - Holdeplass Stille Dal



Figur 7.20: 2-feltskonsepter - Holdeplass Skeid

Figur 7.21 illustrerer område 6 fra konsept 1 oversikten i figur 7.2, med 2-feltsløsning. To kjørefelt gjennom dette området vil oppleves tryggere for mange trafikanter gjennom økt avstand mellom primærveg og gang-/sykkelveg. Reduksjonen til 2-felt, har ikke vært et problem for trafikkavviklingen gjennom område 6.



Figur 7.21: 2-feltskonsepter - Område 6 i figur 7.2, sett fra sørøst

7.2.1 Konsept 2.1 - Avlang rundkjøring

Engelsk navn: The Roundalong

Vedlagt modell: K2.1.1 - Vanlig rundkjøringsregulering av vikepliktighet og K2.1.2 - Vanlig høyreregel



Figur 7.22: Konsept 2.1 - Oversikt

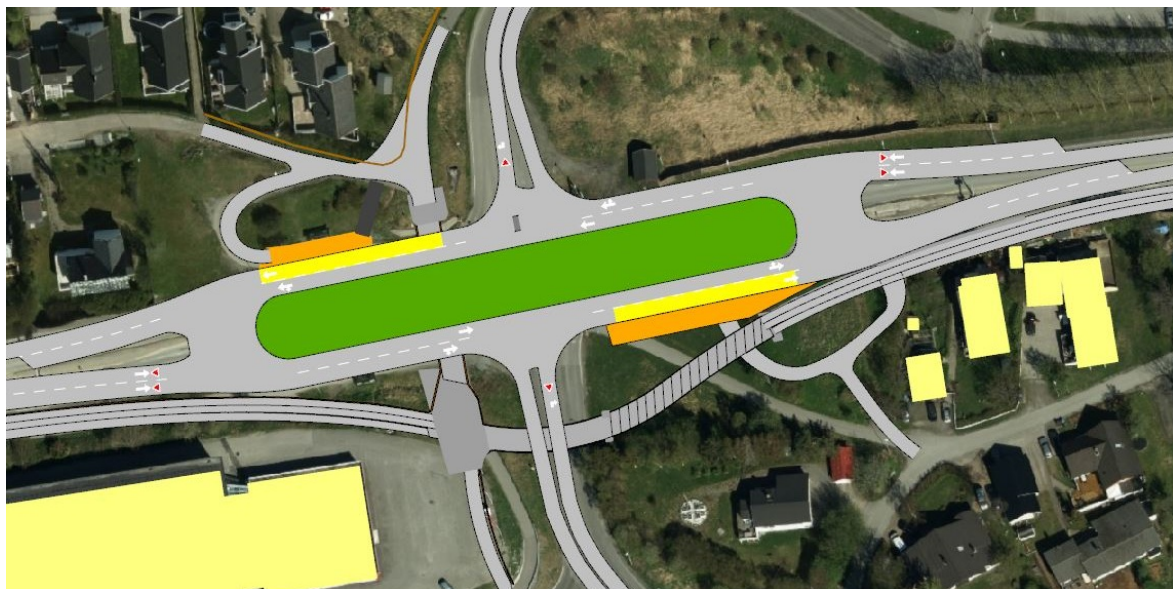
Konsept 2.1 er en løsning som kombinerer en rundkjøring med muligheten for å ta en u-sving. Motivasjonen bak kryssløsningen er å skape frie trafikkflytforhold på vegstreknin- og på denne måten gi gode trafikkforhold for alle trafikantergruppene. I begge kryssene har det å komme seg inn på primærvegen fra sekundærvegene i rushtid, vært tidkrevende i nåtidssituasjonen. Svingebevegelsene disse trafikantene ønsker er derfor flyttet ut av det opprinnelige kryssområdet. Dette fører til at trafikk ut fra sekundærvegene kun må vike for buss, slik som figur 7.23 viser. Her markerer den mørkegrå seksjonen i nordlig

t-kryssdel av den avlange rundkjøringen, at det fra den og frem til busstoppet, er bussfelt. Dette feltet kan da i prinsippet bare brukes av trafikk fra sekundærvogene og bussene selv. Buss prioriteres altså ved at de ikke må stoppe for noen langs denne strekningen. Dette gir buss muligheten til å reise i ønsket hastighet langs den avlange rundkjøringen.

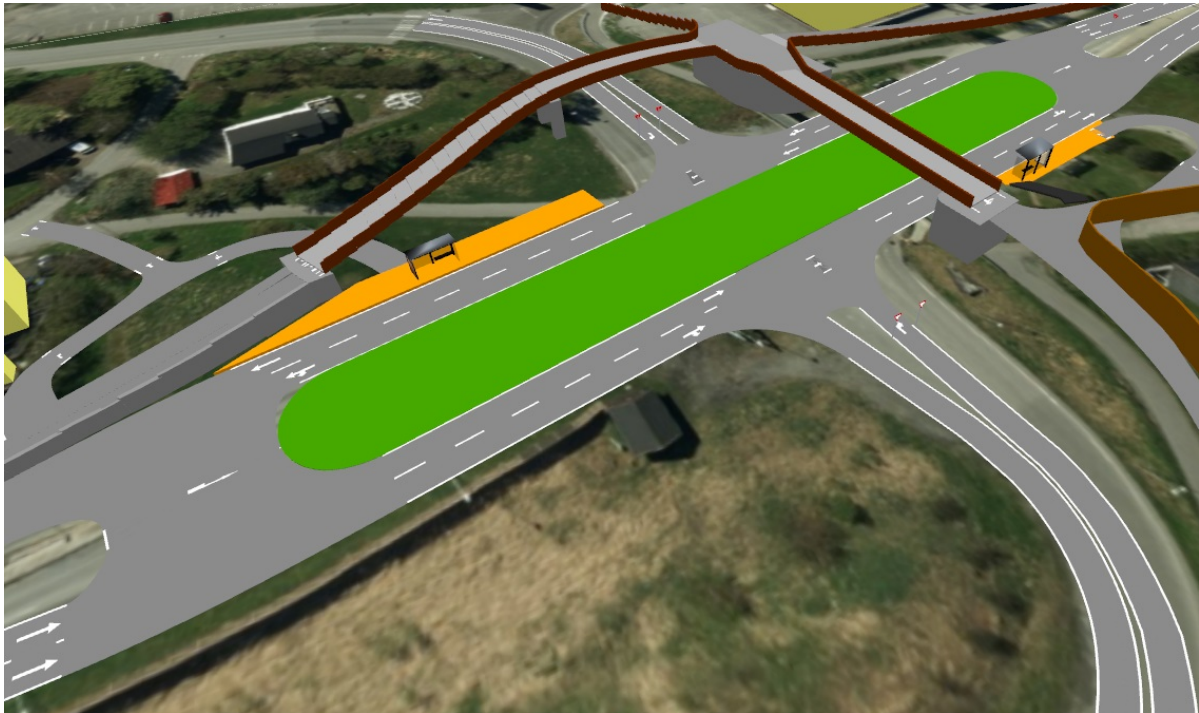
Vikeplitsreguleringen kan løses på to måter. En løsning er å gi systemet de samme vikepliktsreglene som for en vanlig rundkjøring. Dette betyr at trafikk som skal inn i krysset har vikeplikt for dem som tar u-svingen. Dette er prøvd ut i modell K2.1.1. Den andre reguleringen som er mulig prøves ut i K2.1.2, ved at de som skal ta u-svingen har vikeplikt for trafikken som går Ø-V og motsatt på primærvegen. Dette er i prinsipp det samme som vanlig høyreregel. I modellene er det benyttet vikepliktsskilting på seksjonene som tillater venstresving. Dette er gjort for å oppnå en trafiksikker avvikling av venstresvingene. Dette kan anses som en rimelig løsning ettersom andelen u-sving brukere er mye lavere enn andelen reisende som skal rett frem i den avlange rundkjøringen.

Grunnet plassmangel i eksisterende kryssområder er det relativt lave svingradier som er benyttet i disse kryssene. Indre svingradius er 7 meter. Dette gjelder kjøretøy som benytter innerste felt i u-svingen. For større kjøretøy kan det være nødvendig å legge seg i høyre kjørefelt inn mot u-svingen, for så å benytte hele bredden av vegen for å gjennomføre venstresvingen. Indre svingradius vil da være opp mot 10 meter, noe som skal være innenfor kravene, basert på sporingsanalysen utført i delkapittel 6.2.3.

K2.1.1 - Vanlig rundkjøringsregulering av vikepliktighet



Figur 7.23: Konsept 2.1.1 - Avlange rundkjøring - Grønnåsenkrysset ovenfra



Figur 7.24: Konsept 2.1.1 - Avlang rundkjøring - Grønnåsenkrysset 3D, sett fra nordøst

I Stille Dal krysset kommer rute 2 fra øst og må benytte en av u-svingene. Her tenkes det å skilte slik at trafikk fra vest har vikeplikt for buss som skal gjennomføre denne u-svingen. Det kan også være aktuelt å benytte lysregulering for prioritering av buss i denne delen av Stille Dal krysset, hvis vikeplikt vurderes for risikabelt å benytte seg av, for bussen.



Figur 7.25: Konsept 2.1.1 - Avlang rundkjøring - Stille Dal krysset ovenfra



Figur 7.26: Konsept 2.1.1 - Avlang rundkjøring - Stille Dal krysset 3D, sett fra nordøst

K2.1.2 - Vanlig høyreregel



Figur 7.27: Konsept 2.1.2 - Avlang rundkjøring - Høyreregel - Grønnåsenkrysset ovenfra



Figur 7.28: Konsept 2.1.2 - Avlang rundkjøring - Høyreregel - Stille Dal krysset ovenfra

7.2.2 Konsept 2.2 - Snukryss

Engelsk navn: The Turnabout

Vedlagt modell: K2.2



Figur 7.29: Konsept 2.2 - Oversikt

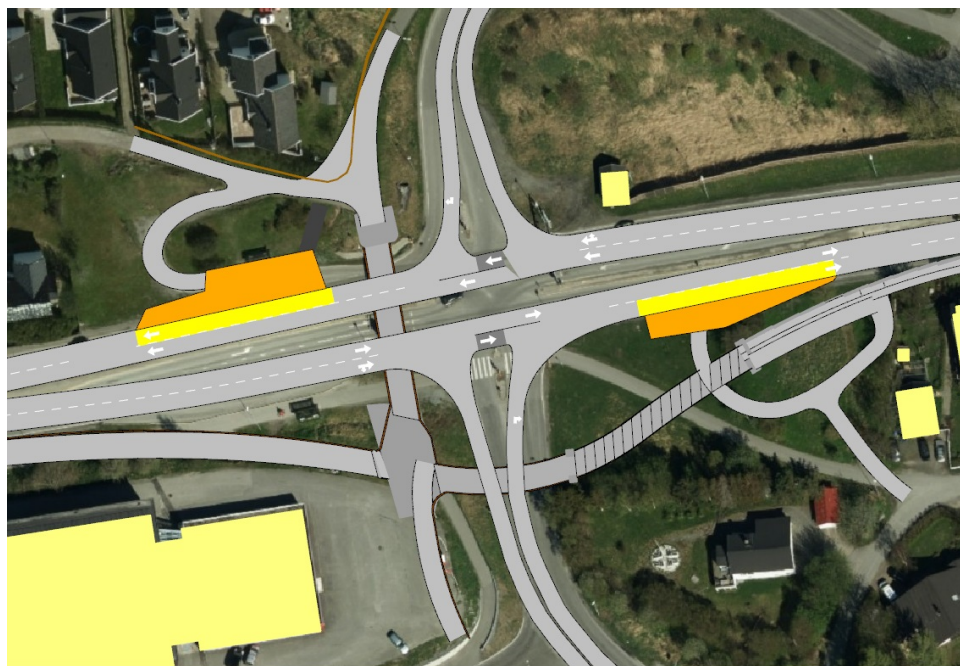
Konsept 2.2 bygger på den samme tankegangen som konsept 2.1. Antallet svingebevegelser som gjennomføres i eksisterende kryss er fordelt på flere kryss. I eksisterende kryss foretas bare høyresving. De som ønsket å kjøre rett frem eller mot venstre må ta turen til nærmeste snukryss. Snukryssene er rundkjøringer med redusert antall konflikterende trafikklstrømmer. De plasseres på strekningene mellom opprinnelige kryssområder der det passer seg best. Dette vil avhenge av tilgjengelig areal og trafikklbelastningen snukrysset skal betjene. Konseptets utforming gir ekstra kjørelengde for noen trafikklstrømmer. Snukryssene bør plasseres slik at denne kjørelengden reduseres for flest mulig. Den ekstra

kjørelengden vil i kapittel 9 diskuteres som ekstra reisetid, mot fortjeneste i stopp- og forsinkelsestid.



Figur 7.30: Konsept 2.2 - Snukryss vest

Figur 7.30 viser at snukrysset i vest har utfordringer med tilgjengelig areal. Dette har i modellen gått ut over gang-/sykkelvegen. Skråningen på nordsiden av vegen må også gjøres inngrep i.

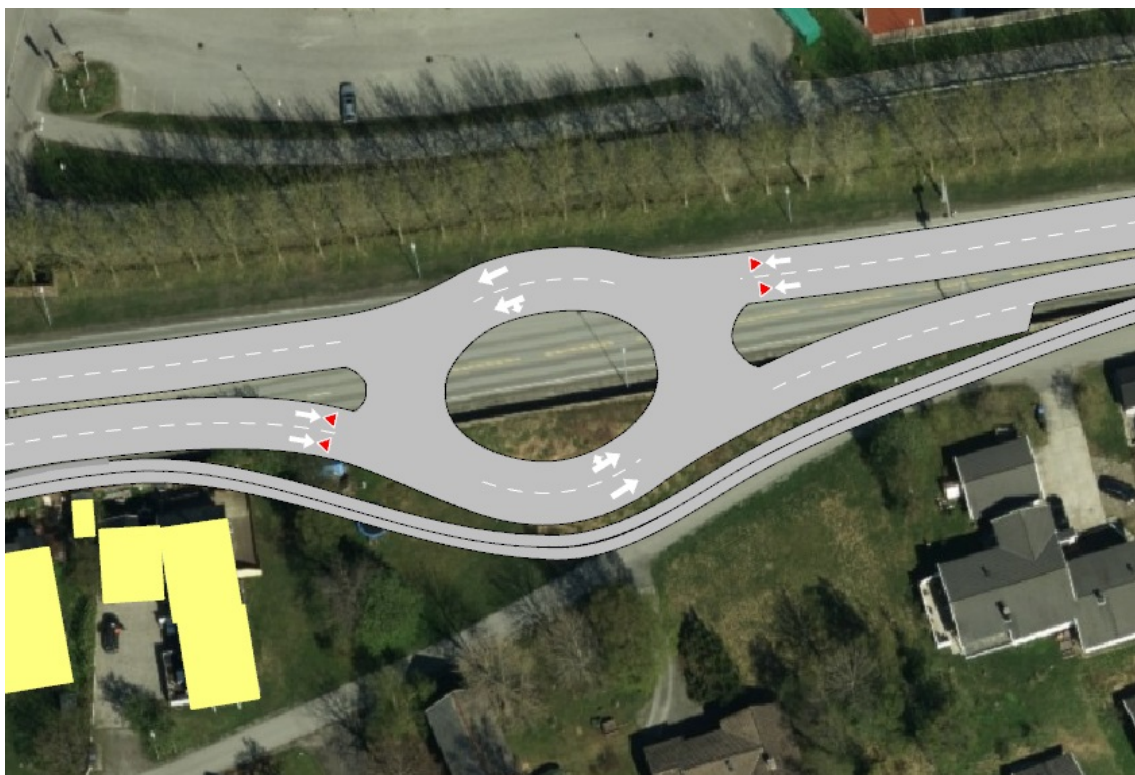


Figur 7.31: Konsept 2.2 - Grønnåsenkrysset ovenfra

Grønnåsenkrysset utformes slik som i konsept 2.1.



Figur 7.32: Konsept 2.2 - Grønnåsenkrysset 3D, sett fra nord



Figur 7.33: Konsept 2.2 - Snukryss midt ovenfra

Snukrysset i midten av systemet i denne casen møter også utfordringer med tanke på areal.



Figur 7.34: Konsept 2.2 - Snukryss øst ovenfra

Stille Dal krysset er modellert med en sluse for bussene fra øst i rute 2. Denne fungerer ved at bussen stopper trafikken fra vest og kan kjøre rett ut til venstre gjennom det mørkegrå bussfeltet i midten av krysset. Dette sparer mye reisetid for rute 2.



Figur 7.35: Konsept 2.2 - Snukryss øst 3D, sett fra nordøst

7.3 Konsept 3 - Konvensjonelle løsninger

Konsept 3 består av standardløsninger som er vanlige for vegkryss. Standardløsningene tar utgangspunkt i at primærvegen skal reduseres til 2 kjørefelt. Den ene er konsept 3.1 med vanlige lyskryss der buss har aktiv prioritering. Dette konseptet er det nærmeste dette arbeidet kommer et nullalternativ. Det er ikke modellert et nullalternativ fordi fokus i dette arbeidet har vært på hvordan casestrekningen kan endres til fordel for miljøvennlig transport. Et alternativ null ville vært å beholde den rushtidsregulerte 3-feltsvegen slik den er, uten å foreta endringer. Resultatene fra konsept 3.1 i delkapittel 8.4.8, viser at konseptets reduksjon fra 3 til 2 kjørefelt og beholde de eksisterende vegkryssene, fungerer godt med trafikk tall for estimert fremtidstrafikk for år 2038, fra kapittel 4. Trefeltsvegen anses derfor som overflødig, unødvendig og ikke som et reelt alternativ. Konsept 3.1 er derfor det nærmeste dette arbeidet kommer et nullalternativ. Den andre standardløsningen er konsept 3.2 med vanlige rundkjøringer. Det tenkes at begge kryssene benytter enten rundkjøringer eller lyskryss, derav de to konseptene.

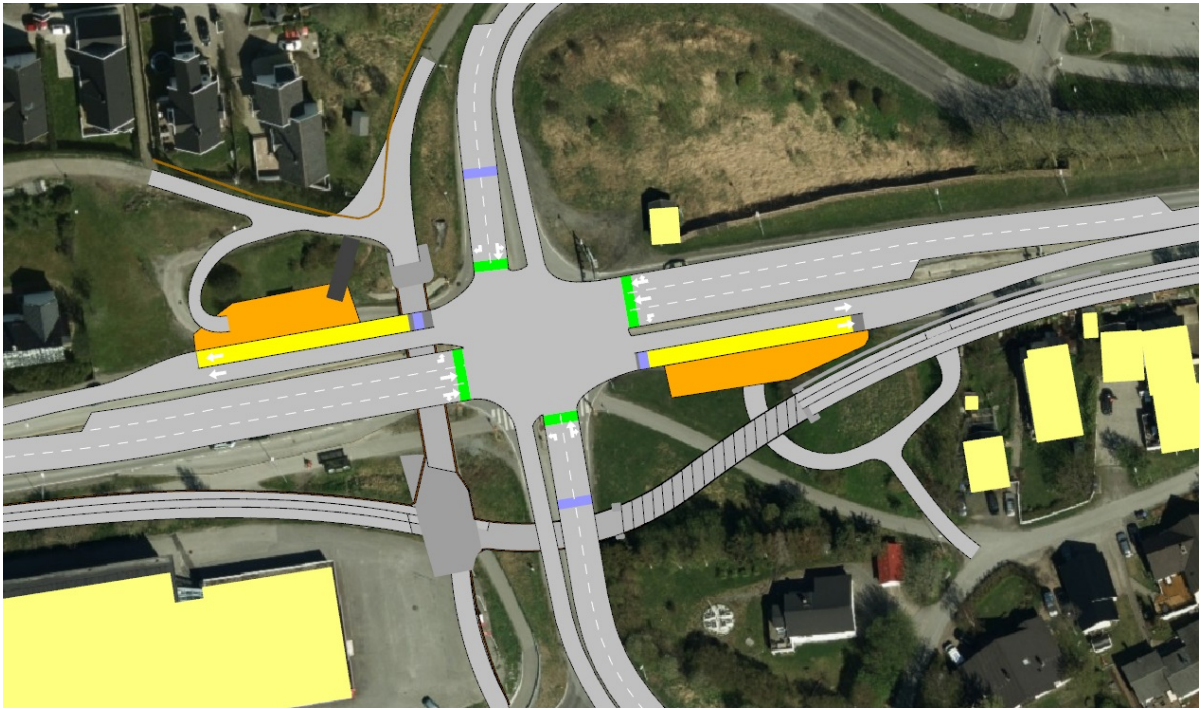
Standardløsningene er tatt med for å danne sammenligningsgrunnlag for de andre mer ukonvensjonelle konseptene i denne caseoppgaven. Høyre kjørefelt etter kryssene langs primærvegen er dedikert til buss. Dette er lagt inn for å unngå farlige situasjoner når buss bremses ned etter at krysset er passert og har blandet trafikk bak seg. Det er også ønskelig at venstresvingende trafikk fra GN, GS, SDS, og SDN skal unngå bruk av feltet der bussene skal stoppe.

7.3.1 Konsept 3.1 - Vanlig signalregulerte kryss

Vedlagt modell: K3.1



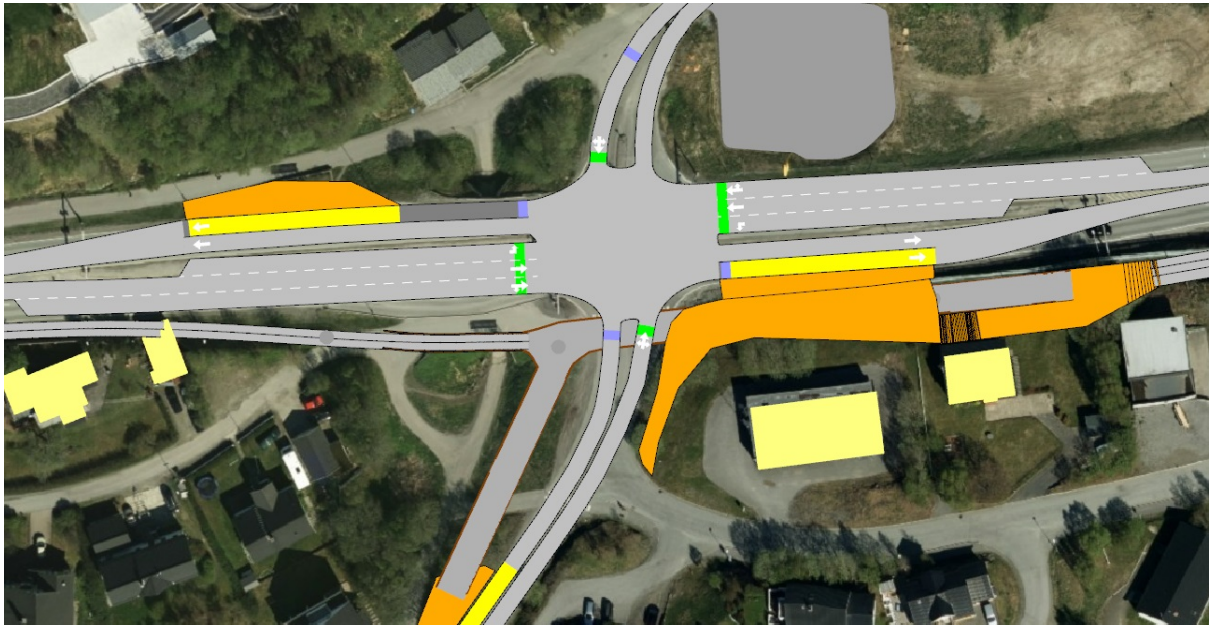
Figur 7.36: Konsept 3.1 - Oversikt



Figur 7.37: Konsept 3.1 - Grønnåsenkrysset ovenfra



Figur 7.38: Konsept 3.1 - Grønnåsenkrysset 3D, sett fra nord



Figur 7.39: Konsept 3.1 - Stille Dal krysset ovenfra



Figur 7.40: Konsept 3.1 - Stille Dal krysset 3D, sett fra nordvest

7.3.2 Konsept 3.2 - Vanlige rundkjøringer

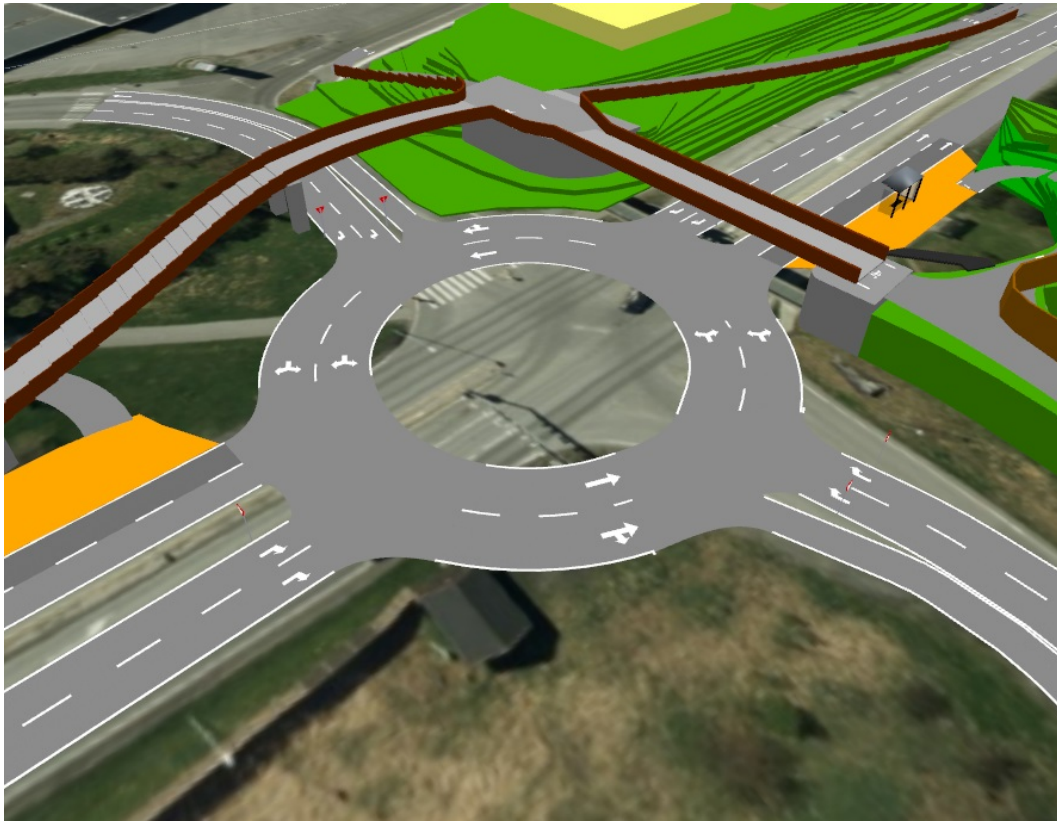
Vedlagt modell: K3.2



Figur 7.41: Konsept 3.2 - Oversikt



Figur 7.42: Konsept 3.2 - Grønnåsenkrysset ovenfra



Figur 7.43: Konsept 3.2 - Grønnåsenkrysset 3D, sett fra nord



Figur 7.44: Konsept 3.2 - Stille Dal krysset ovenfra



Figur 7.45: Konsept 3.2 - Stille Dal krysset 3D, sett fra nordvest

7.4 Konsept 4 - Midtstilte kollektivfelt gjennom kryss

Konsept 4 baserer seg på reduksjon til 2-felt på primærvegen. I kryssområdene er det en gjennomgående tanke at det skal legges inn 2 kollektivfelt i kryssene. Utenfor kryssområdene går bussen med blandet trafikk på 2-feltsvegen.

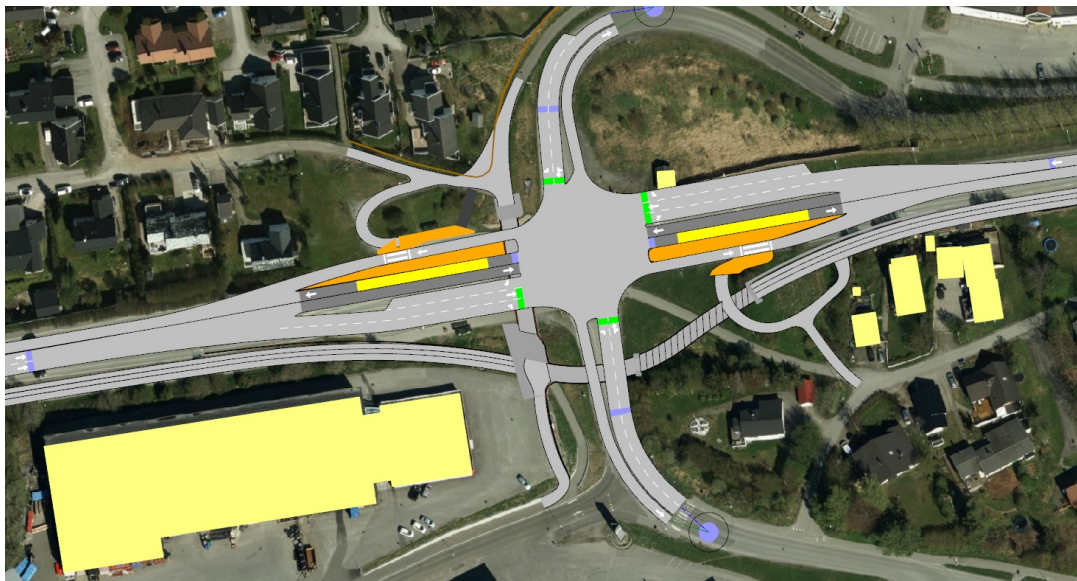
7.4.1 Konsept 4.1 - Signalregulerte kryss med midtstilte kollektivfelt

Vedlagt modell: K4.1

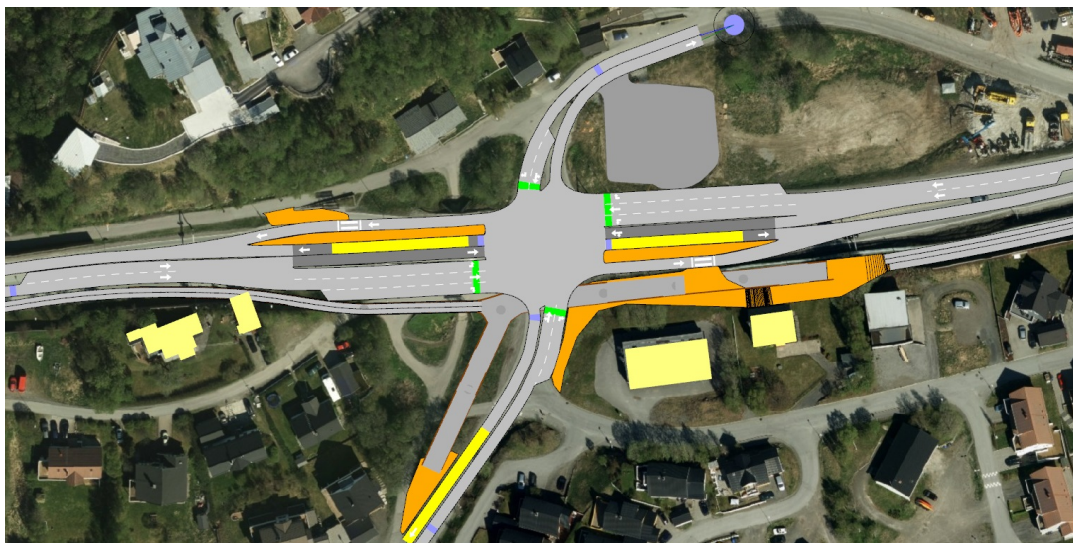
Konsept 4.1 er i prinsipp samme løsning som i konsept 1.1, med unntak av antall kjørefelt på primærvegen.



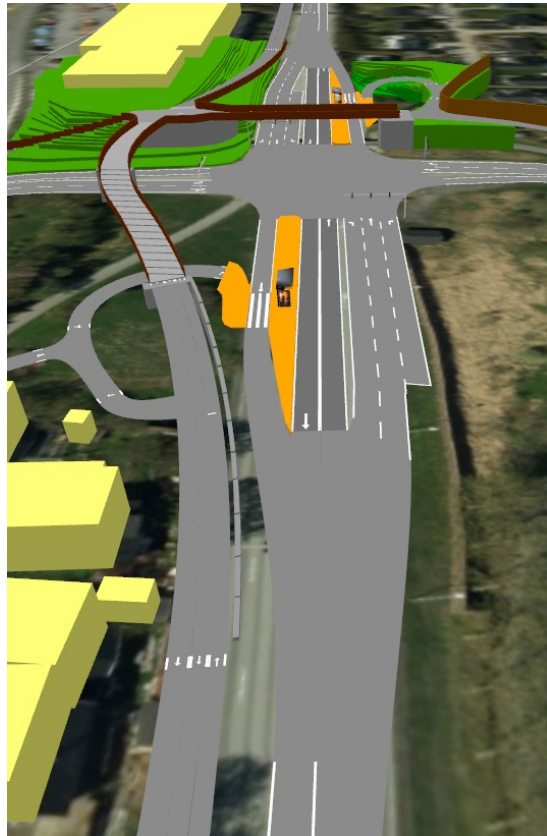
Figur 7.46: Konsept 4.1 - Oversikt



Figur 7.47: Konsept 4.1 - Grønnåsenkrysset ovenfra



Figur 7.48: Konsept 4.1 - Stille Dal krysset ovenfra



Figur 7.49: Konsept 4.1 - Grønnåsenkrysset 3D, sett fra øst



Figur 7.50: Konsept 4.1 - Stille Dal krysset 3D, sett fra nord

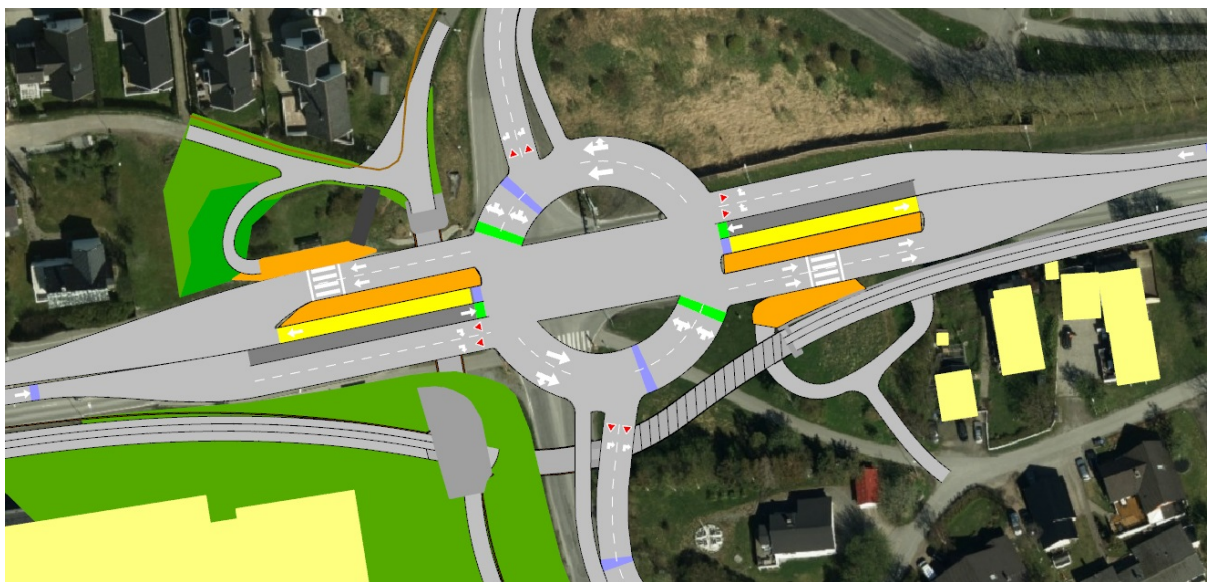
7.4.2 Konsept 4.2 - Signalregulert rundkjøring med midtstilte kollektivfelt gjennom sentraløy

Vedlagt modell: K4.2

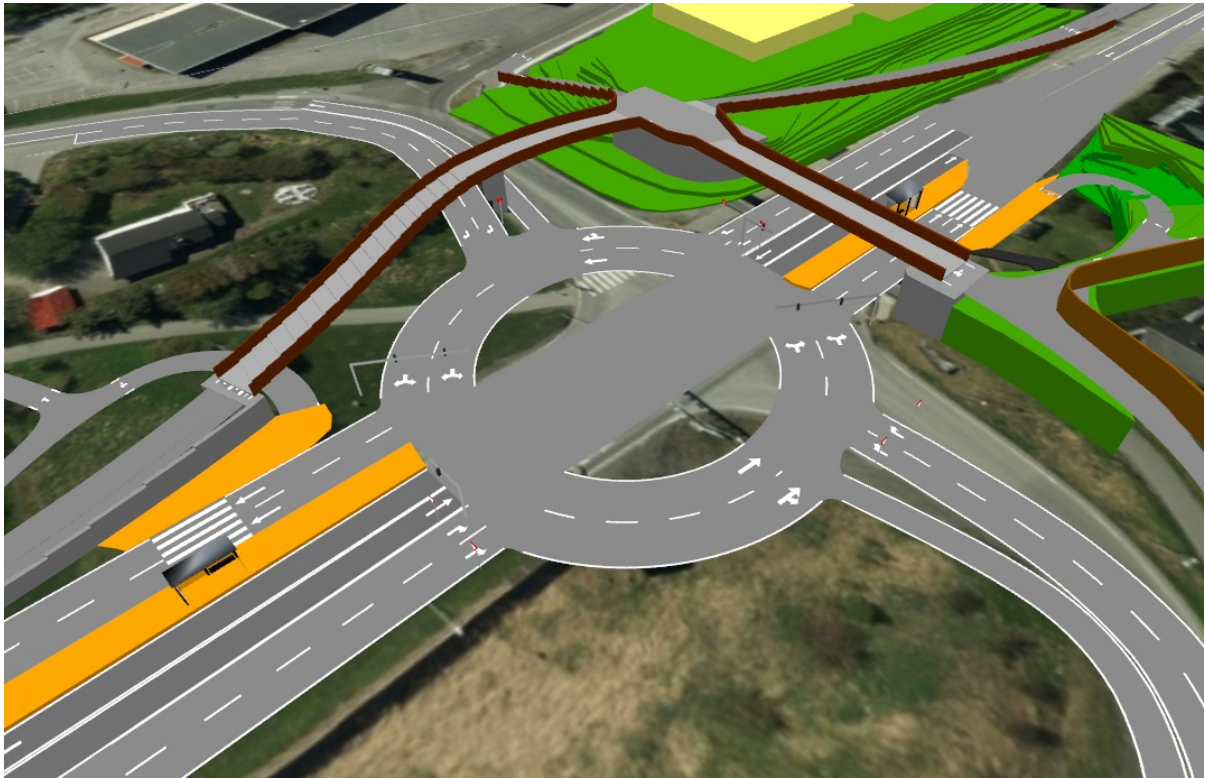
Konsept 4.2 er i utgangspunktet det samme konseptet som konsept 1.3. Det er tatt med i dette arbeidet for å teste ut hvordan løsningen virker på en 2-feltsveg. Buss må kjøre i blandet trafikk og det kan være interessant å sammenligne denne med konsept 1.3 i diskusjonen for dette arbeidet.



Figur 7.51: Konsept 4.2 - Oversikt



Figur 7.52: Konsept 4.2 - Grønnåsenkrysset ovenfra



Figur 7.53: Konsept 4.2 - Grønnåsenkrysset 3D, sett fra nord



Figur 7.54: Konsept 4.2 - Stille Dal krysset ovenfra



Figur 7.55: Konsept 4.2 - Stille Dal krysset 3D, sett fra nord

7.4.3 Konsept 4.3 - Signalregulert rundkjøring med holdeplass i sentraløy

Vedlagt modell: K4.3.1 - Uten forenklete fotgjengere, K4.3.2 - Med forenklete fotgjengere og K4.3.3 - Med forenklete fotgjengere i Grønnåsenkrysset og planskilt løsning i Stille Dal krysset

I konsept 4.3 plasseres kryssområdenes bussholdeplasser i sentraløya av rundkjøringene. Fotgjengere må da krysse rundkjøringens sirkulasjonsareal for å komme inn i sentraløya. Dette tenkes gjort ved lysregulerte fotgjengeroverganger i ett plan. I stille Dal krysset kan det også tenkes at adkomsten til sentraløya foregår ved en 2-plans løsning der den tenkte gang-/sykkelbroen utvides med en ekstra arm. Dette er illustrert i figur 7.61.

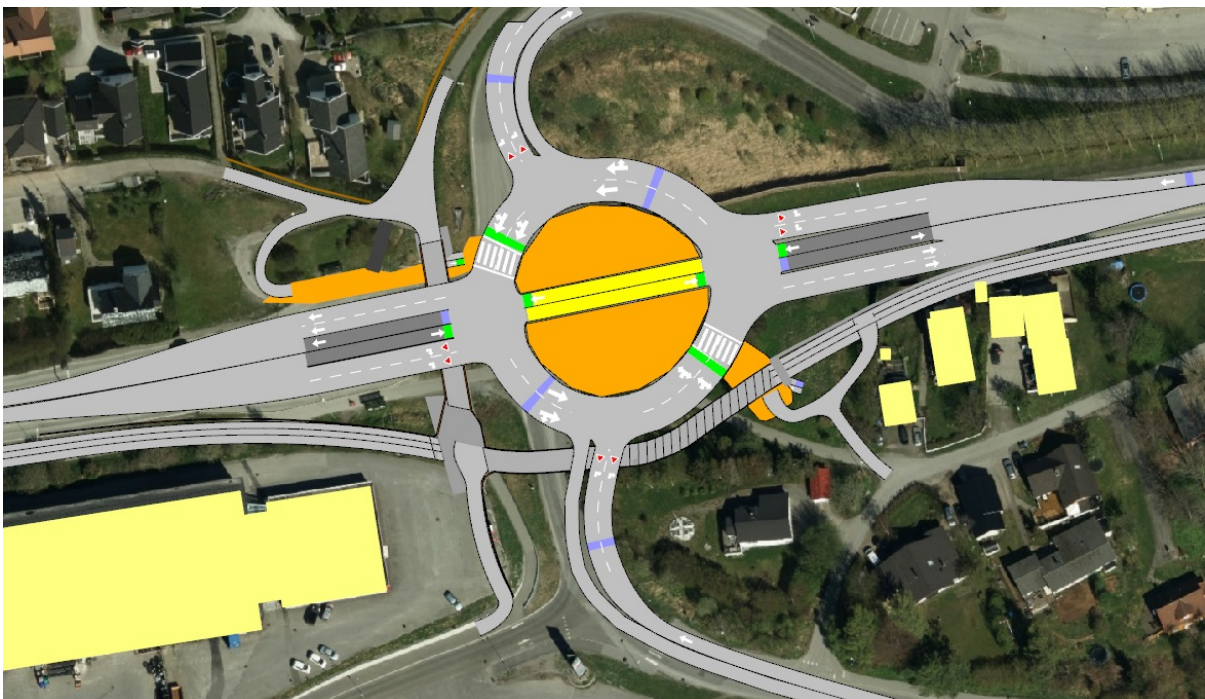
Sentraløyene i denne casen har en viktig utfordring. De oppfyller ikke kravet til bussenes oppstillingsplass fra håndbok V123 *Kollektivhåndboka*, (Vegvesen, 2014d), som er markert i gult på figur 7.57. Her går det frem at oppstillingsplassens lengde skal være antall busser multiplisert med 20 meter. Holdeplassene på denne strekningen må dimensjoneres for å ta imot 2 busser på samme tid. Det gir at kravet er 40 meter oppstillingsplass. I konsept 4.3 er det oppnådd 33 meter grunnet stedsspesifikk geometri. Dimensjonerende lengde for buss på offentlig veg er 15 meter. Bakerste av to oppstilte busser kan da i teorien bli

stående med bakenden hengende ut over sirkulasjonsarealet. Det er i dag ingen leddbusser i Bodø, men med deres lengde på cirka 18 meter kan slike busser bli vanskelig å innføre hvis konseptløsning 4.3 velges. Busser som ikke får plass i oppstillingsarealet i sentraløya, vil bli en hindring for trafikk i indre felt av rundkjøringen.

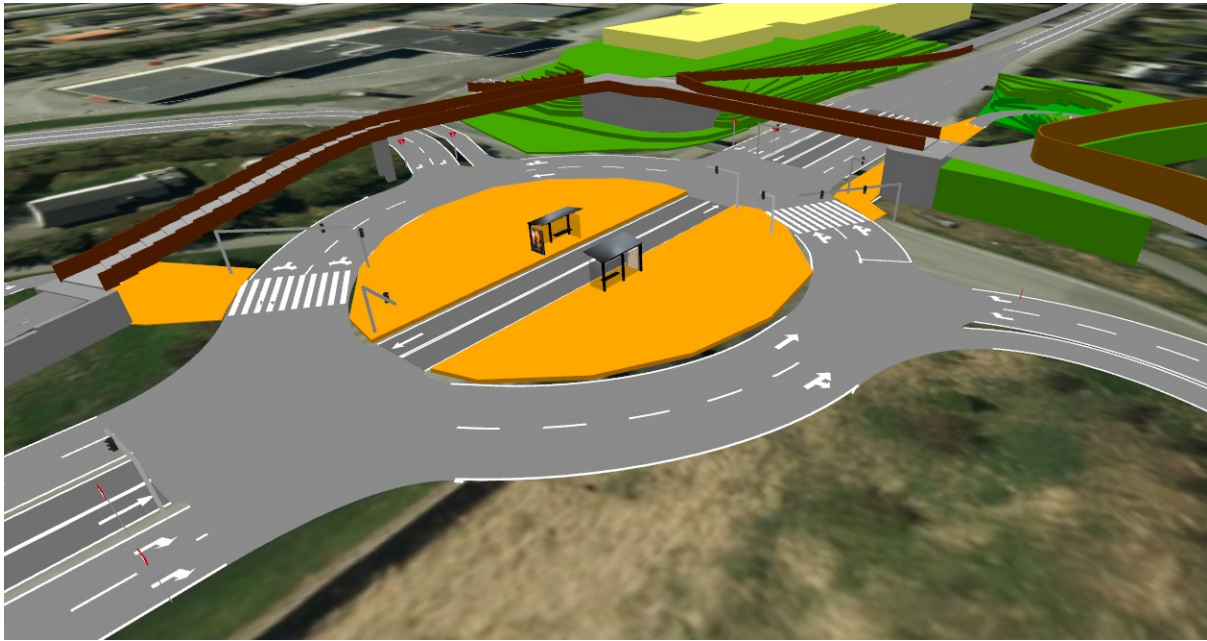
I dette konseptet vil også to alternative utforminger av gang-/sykkelbroen i Stille Dal krysset presenteres.



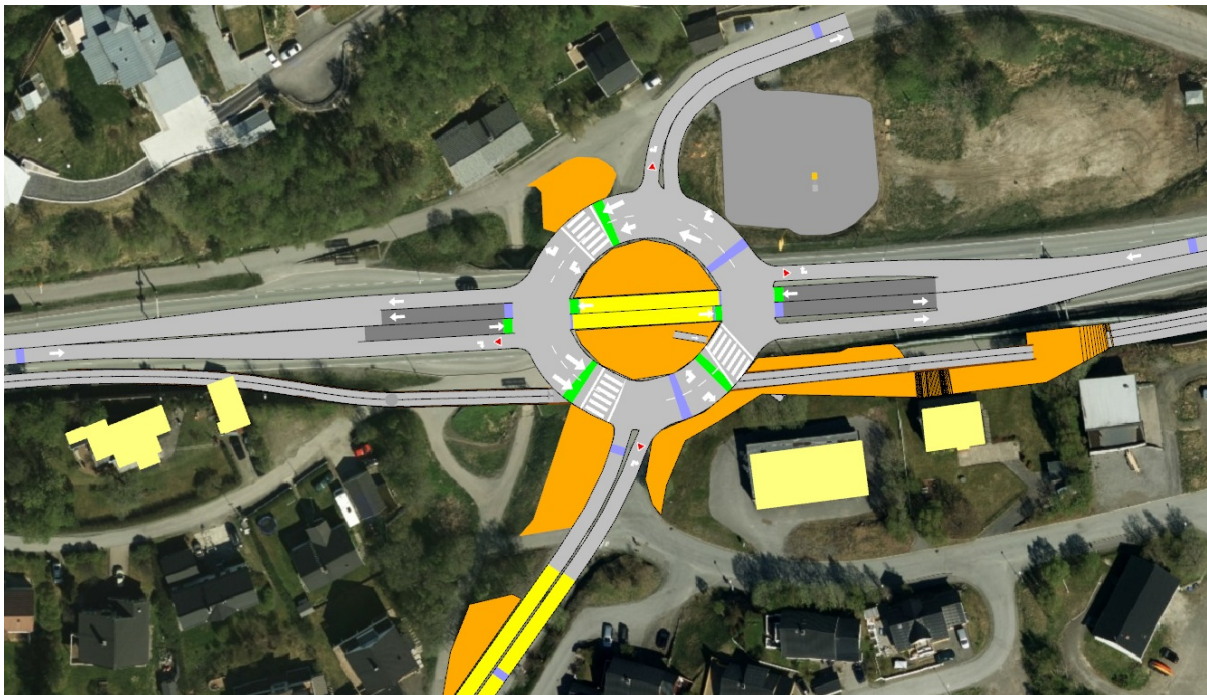
Figur 7.56: Konsept 4.3 - Oversikt



Figur 7.57: Konsept 4.3 - Grønnåsenkrysset ovenfra



Figur 7.58: Konsept 4.3 - Grønnåsenkrysset 3D, sett fra nord

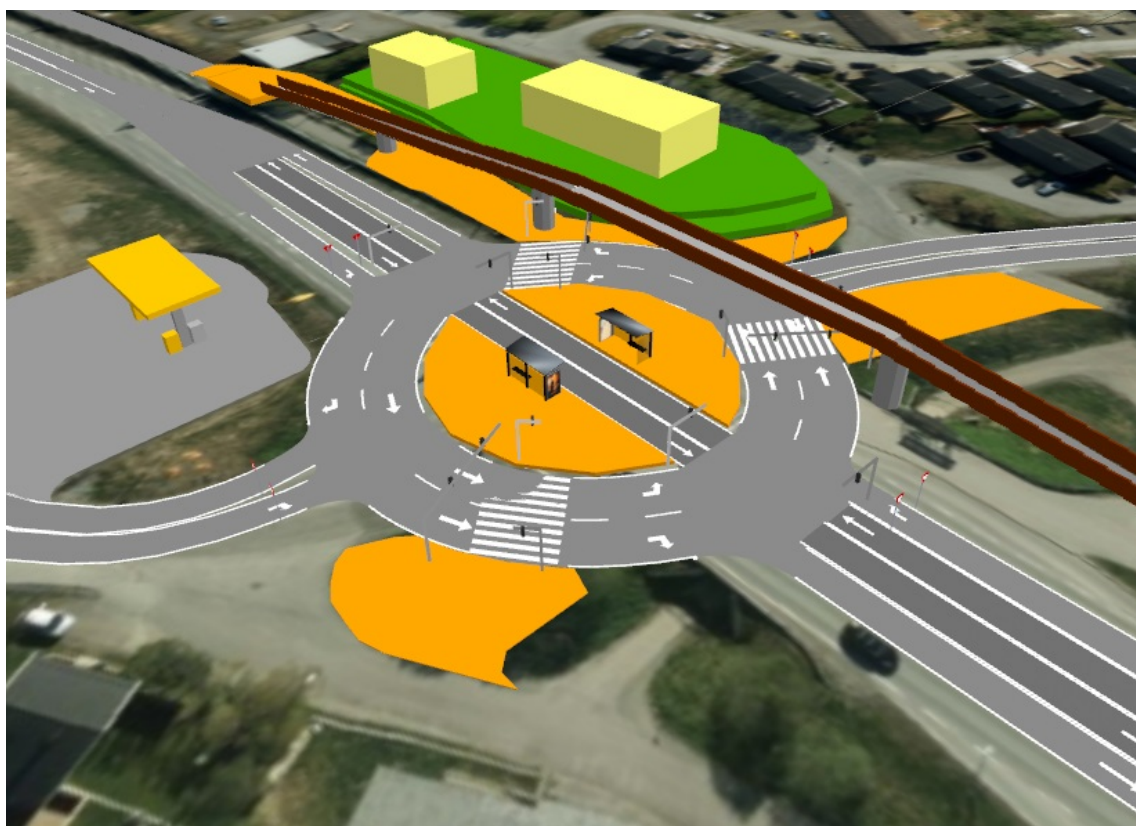


Figur 7.59: Konsept 4.3.1 og 4.3.2 - Stille Dal krysset ovenfra

Stille Dal krysset i konsept 4.3 er det mest komplekse krysset som foreslås i denne casestudien. Ett-plansløsningen som vises i figurene 7.59 og 7.60 stiller store krav til effektiviteten i kryssets signalregulering. Oppsamling av kø blir fort et problem hvis faseplanen ikke er

godt nok tilpasset. Foreslått faseplan er å finne i vedlagt konseptmodell. I dette krysset har busser to faser å kalle på. En fase inn og en fase ut av sentraløya. Konflikterende svingebevegelser med disse bussbevegelsene stoppes i forkant av fotgjengerovergangene slik de grønne rektanglene i figur 7.59 viser. Er det ingen fotgjengere som skal passere vil kjøretøy i høyre felt få grønt lys til å gjennomføre høyresving, mens buss passerer. Trafikk som skal rett frem vil få rødt lyssignal når bussen skal passere. Figur 7.59 viser en alternativ utforming av gang-/sykkelbroen som er tenkt i Stille Dal krysset. Her kan den reduseres til bare sykkelbro. Fotgjengere må benytte eksisterende gangveg og krysse SDS vegarmen i et fotgjengerfelt her, slik dagens løsning er.

Figur 7.61 viser hvordan fotgjengerovergang på tvers av kollektivfeltene tenkes plassert. Den bør legges slik at buss kan kjøre inn i sentraløya og stoppe før fotgjengerfeltet, uten å stikke ut bakenden i rundkjøringens sirkulasjonsareal. Figuren viser videre hvordan en alternativ løsning med gang-/sykkelbroen kan se ut. Her er det tenkt to heishus (eventuelt ett, avhengig av om fotgjengerovergangen skal brukes eller ikke) og tre ramper for å oppnå et universelt utformet anlegg. En viktig fordel her er reduksjonen av antall trafikkantgrupper i rundkjøringens sirkulasjonsareal. Ulemper som kan nevnes er kostnad og sikt. Heishus og trapper i sentraløya kan være en sikkerhetsrisiko og må vurderes.



Figur 7.60: Konsept 4.3.1 og 4.3.2 - Stille Dal krysset 3D, sett fra nordvest

K4.3.3 - Med forenklede fotgjengere i Grønnåsenkrysset og planskilt løsning i Stille Dal krysset



Figur 7.61: Konsept 4.3.3 - Stille Dal krysset 3D, sett fra nordøst

7.5 Konsept 5 - Kombinasjoner av andre konsepter

Konsept 5 presenterer kombinasjoner av tidligere presenterte konsepter. Konsept 5.1 bygger på 2-feltsveg, mens konsept 5.2 bygger på 3-feltsveg.

7.5.1 Konsept 5.1 - Kollektivprioritering i venstre svingefelt

Vedlagt modell: K5.1

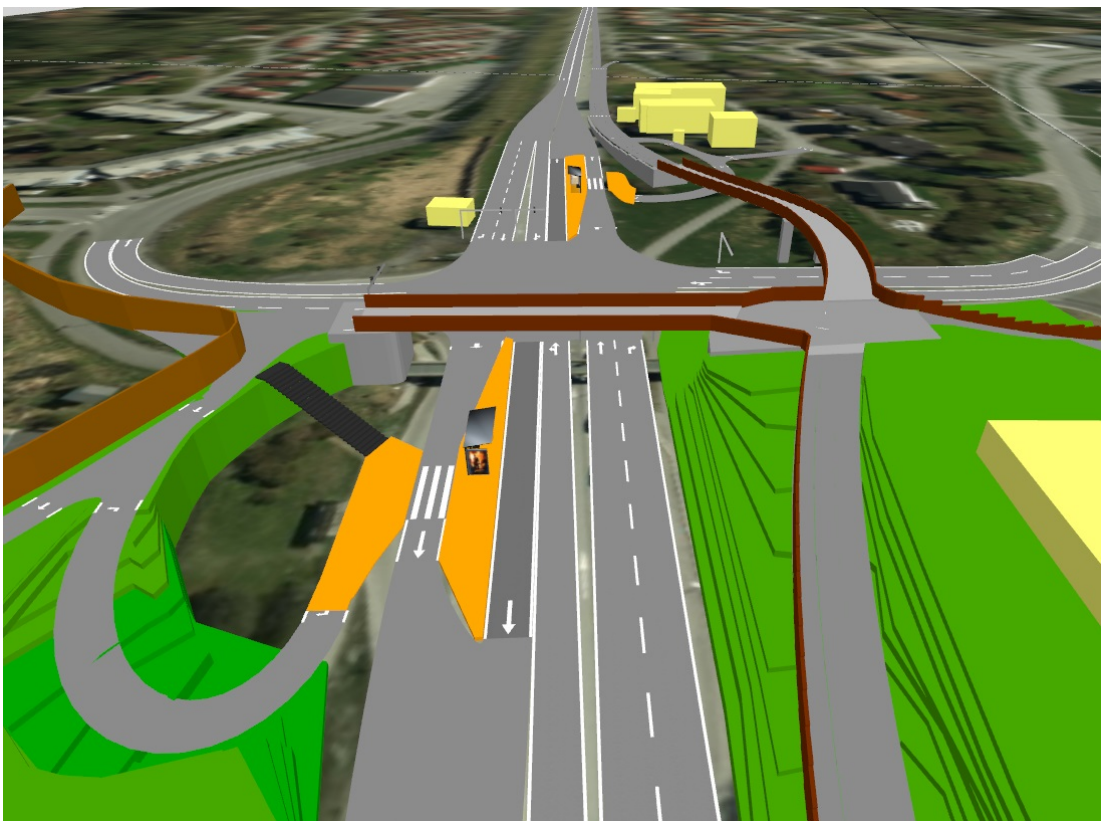


Figur 7.62: Konsept 5.1 - Oversikt

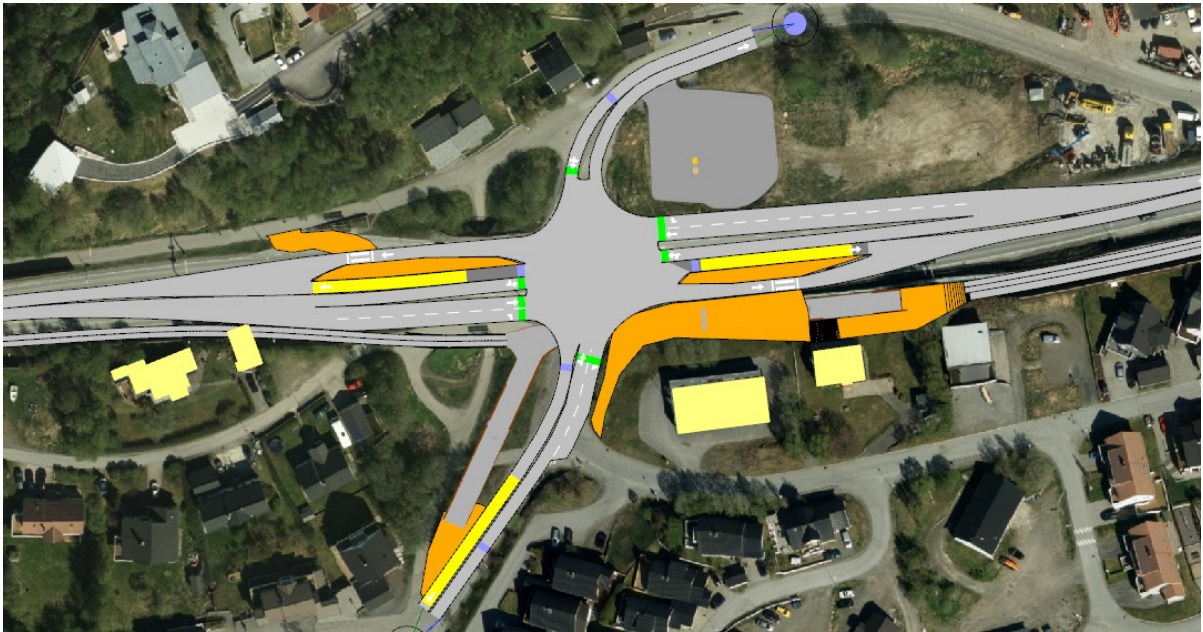
Konsept 5.1 kan ses på som en kombinasjon av konseptene 3.1 og 4.1. Her tenkes det signalregulerte kryss med kollektivfelt gjennom sentrum, men der buss og venstresvingende trafikk deler felt inn mot krysset.



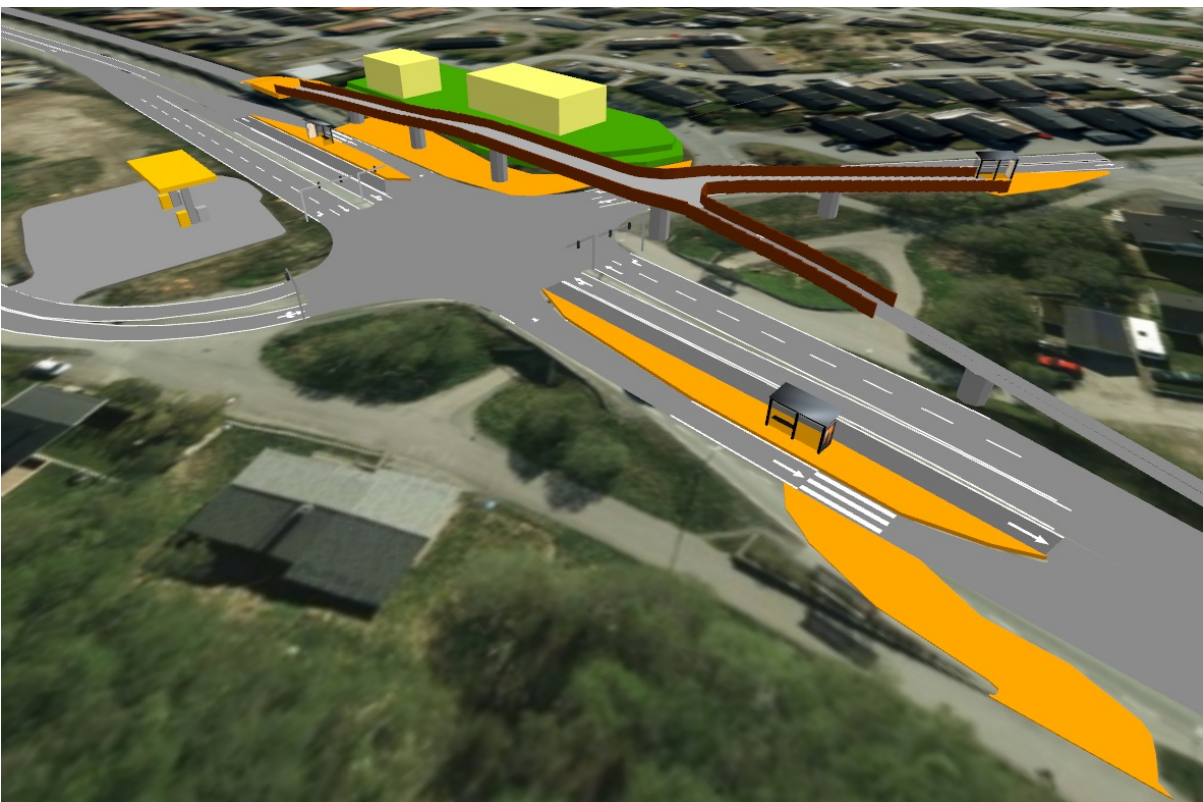
Figur 7.63: Konsept 5.1 - Grønnåsenkrysset ovenfra



Figur 7.64: Konsept 5.1 - Grønnåsenkrysset 3D, sett fra vest



Figur 7.65: Konsept 5.1 - Stille Dal krysset ovenfra



Figur 7.66: Konsept 5.1 - Stille Dal krysset 3D, sett fra nordvest

7.5.2 Konsept 5.2 - Signalregulert Avlang rundkjøring med midtstilt toveis kollektivfelt

Engelsk navn: Signalised Roundalong

Vedlagt modell: K5.2.1 - Vanlig rundkjøringsregulering av vikepliktighet og K5.2.2 - Vanlig høyreregel

Dette konseptet tar utgangspunkt i Avlang rundkjøring fra konsept 2.1, legger inn kollektivfelt gjennom, som i konsept 1 og signalregulerer venstresvingområdene. Signalreguleringen sørger for prioritet til buss. Uten buss tilstede fungerer krysset som en vanlig Avlang rundkjøring.

Vikepliktsreguleringen er i dette konseptet viktig og tenkt på to måter slik som i konsept 2.1. De to løsningene er illustrert i figurene under.

I Grønnåsenkrysset tenkes det at busspassasjerer får muligheten til å gå inn på holdeplassområdet via de illustrerte fotgjengerovergangene eller trapper ned fra gang-/sykkelbroen slik figur 7.68 viser.

Krysset har flere konflikterende bevegelser som må drøftes.

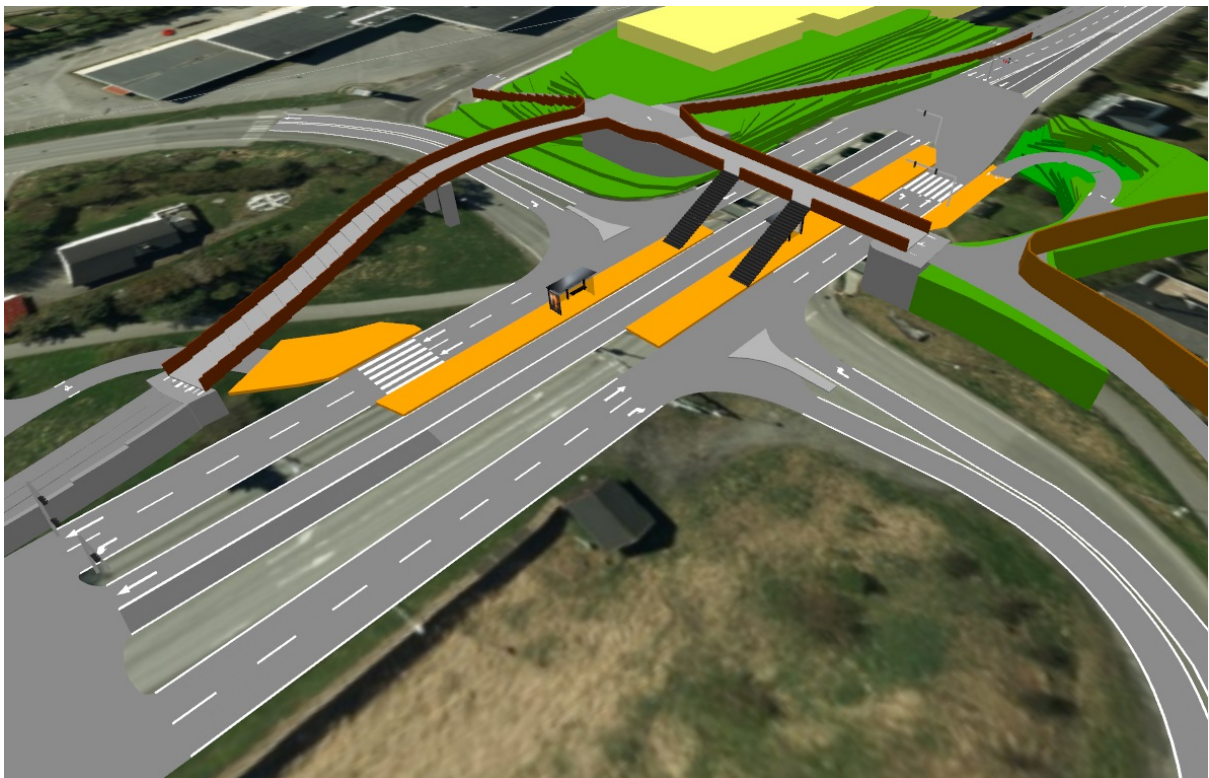


Figur 7.67: Konsept 5.2 - Oversikt

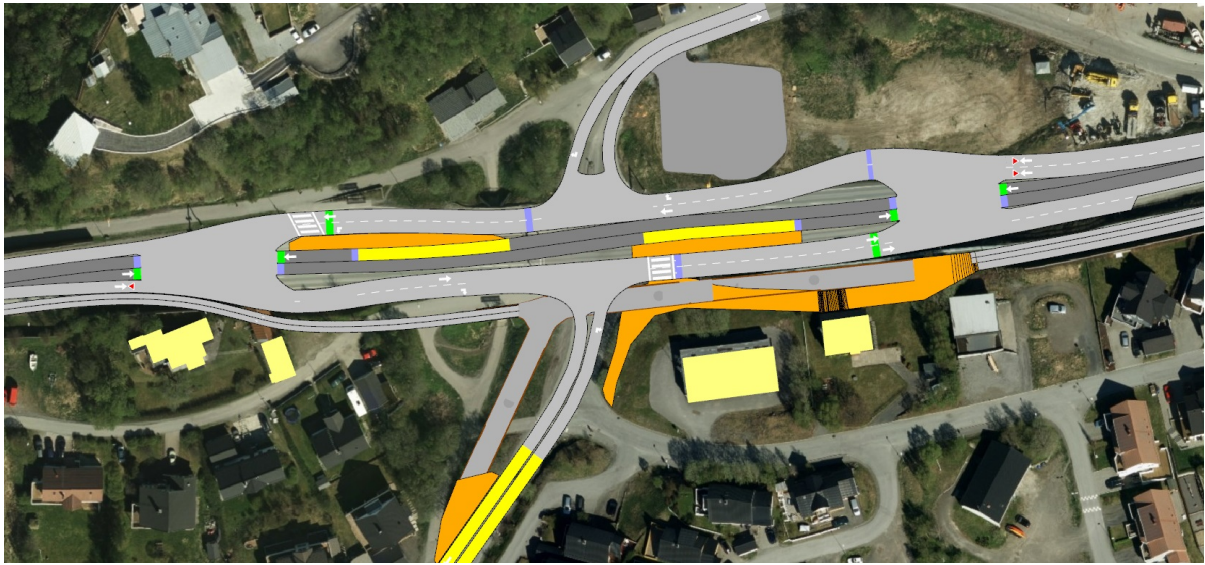
K5.2.1 - Vanlig rundkjøringsregulering av vikepliktighet



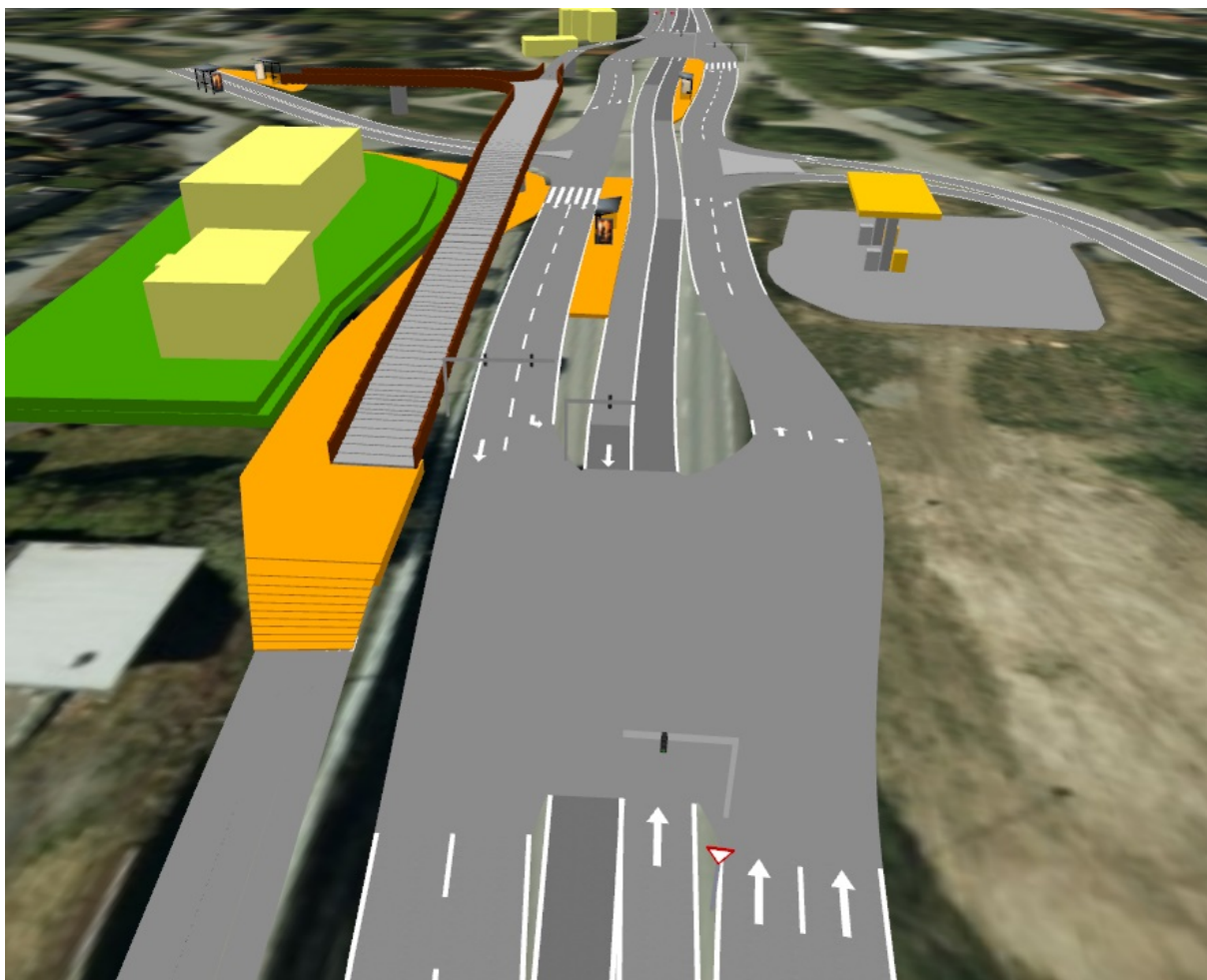
Figur 7.68: Konsept 5.2.1 - Grønnåsenkrysset ovenfra



Figur 7.69: Konsept 5.2.1 - Grønnåsenkrysset 3D, sett fra nord

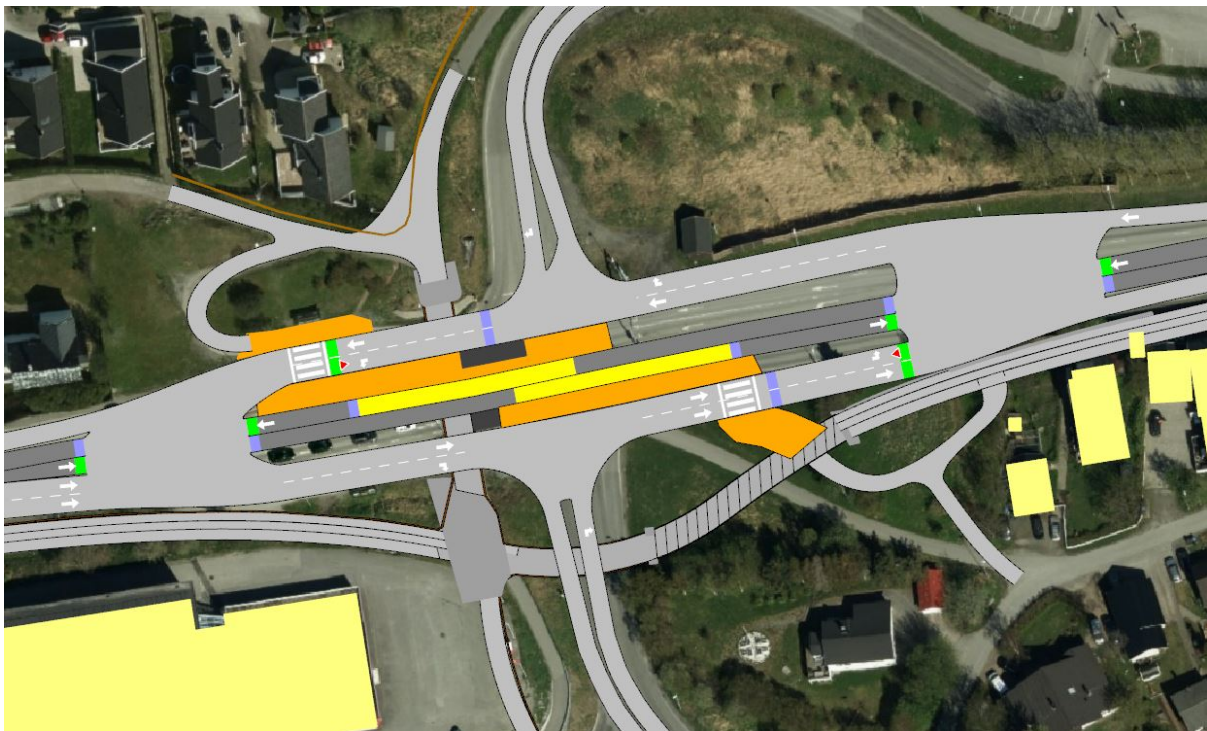


Figur 7.70: Konsept 5.2.1 - Stille Dal krysset ovenfra

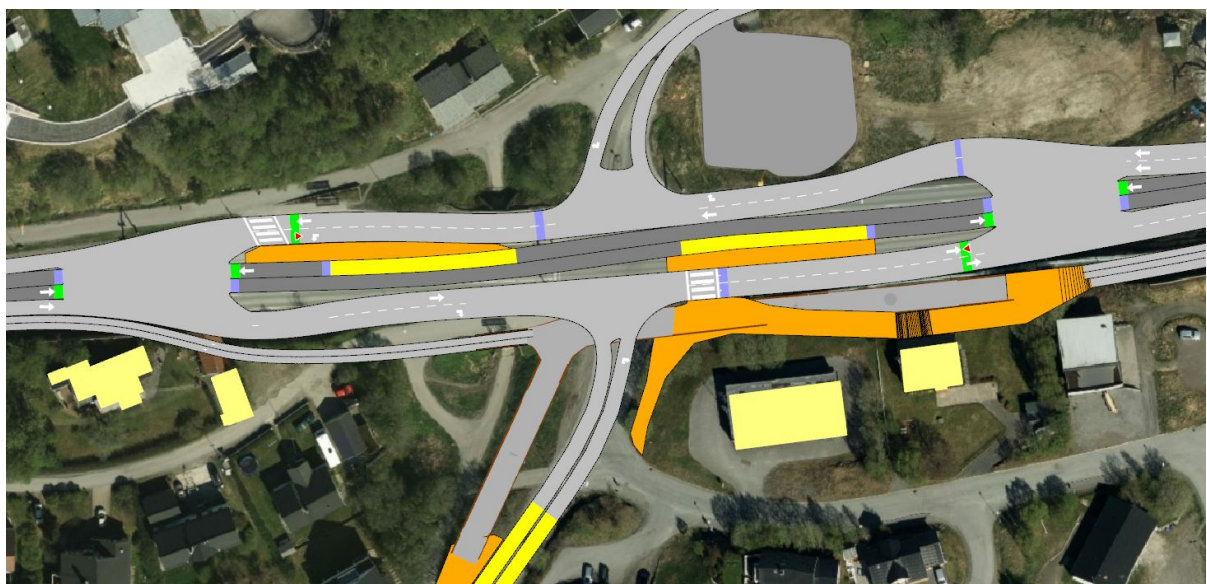


Figur 7.71: Konsept 5.2.1 - Stille Dal krysset 3D, sett fra øst

K5.2.2 - Vanlig høyreregel



Figur 7.72: Konsept 5.2.2 - Grønnåsenkrysset ovenfra



Figur 7.73: Konsept 5.2.2 - Stille Dal krysset ovenfra

8 | Resultater

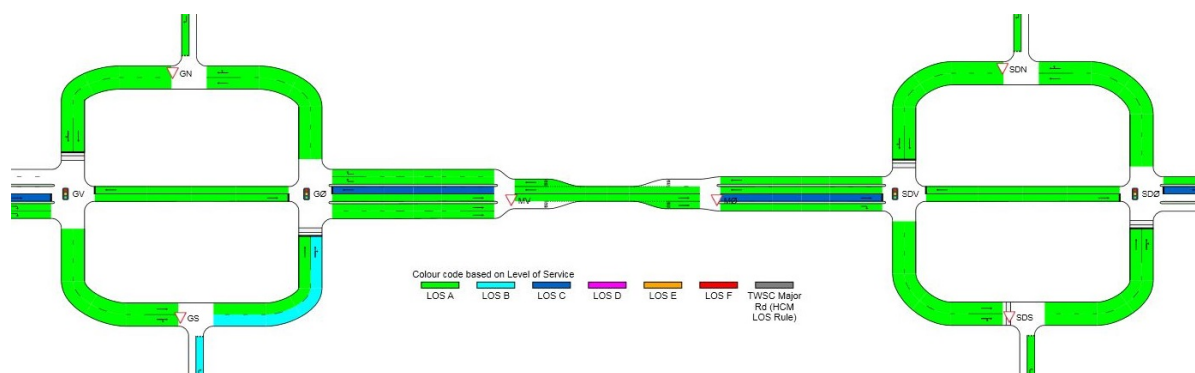
I dette kapittelet presenteres simuleringsresultatene fra SIDRA INTERSECTION og Aimsun for de utvalgte trafikkavviklingskvalitet indikatorene i delkapittel 6.3. Et mål for alle modellene er å ha kø-frie systemer etter 20 år. Resultatene som er hentet ut gjelder derfor morgen (07:15-08:15) og formiddag (15:15-16:15) med beregnet trafikk for 20 år frem i tid.

8.1 SIDRA INTERSECTION

Det er i dette arbeidet er SIDRA brukt til å evaluere konsept 4.3.2. Dette kommer av at Aimsun har tatt mye tid og at det ikke har vært tilstrekkelig med tid til å gjøre supplerende simuleringer for konseptene i SIDRA. Derfor er konsept 4.3.2 valgt fordi det er et komplekst konsept med tanke på alle trafikantgruppene som skal benytte rundkjøringens areal. Dette gjør konsept 4.3.2 til et interessant vurderingsobjekt. Konseptet er bare simulert med tall for formiddag (15:15 - 16:15), 20 år frem i tid.

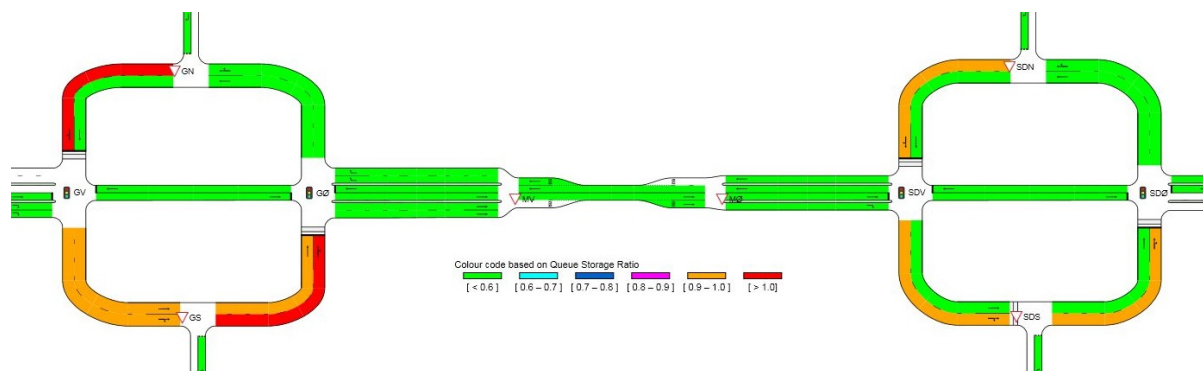
Konsept 4.3.2 - SIDRA

Vedlagt modell - K4.3.2 SIDRA INTERSECTION



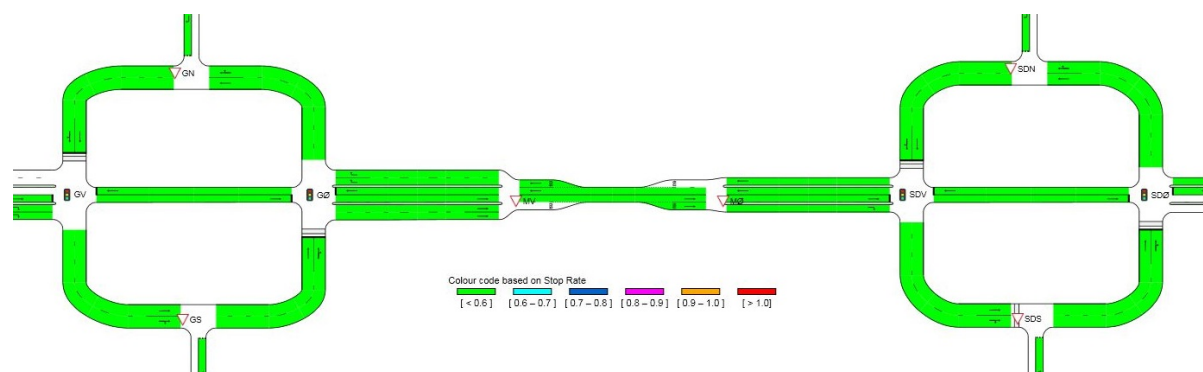
Figur 8.1: Konsept 4.3.2 - Nettverksresultat - LOS

Figur 8.1 viser hvilken LOS gradering SIDRA's nettverksberegning gir seksjonene i de to rundkjøringene. Lys grønn betyr LOS A, lys blå er LOS B og mørk blå er LOS C. Graderingen settes som resultat av gjennomsnittlig forsinkelsestid for kjøretøy på den aktuelle seksjonen og plasseres etter tabellen i figur 6.38.



Figur 8.2: Konsept 4.3.2 - Nettverksresultat - Kødannelse

Figur 8.2 viser i hvilken grad hver av seksjonene opplever kødannelse. Dette beregnes ved *Queue Storage Ratio* der kølengden deles på seksjonslengden og gir et forholdstall. Programmet deler inn i seks forholdstallkategorier mellom 0 og 1. Et forholdstall over 1 betyr altså at seksjonen er fylt med kjøretøy og at køen strekker seg utover denne seksjonen. Det endelige forholdstallet for en seksjon er et gjennomsnitt av mange forholdstallregistreringer gjennom en simulering. Dette endelige forholdstallet gir et bilde på hvor belastet de ulike seksjonene er i gjennomsnitt for simuleringsperioden.



Figur 8.3: Konsept 4.3.2 - Nettverksresultat - Stop Rate

Stop Rate forteller noe om hvor sannsynlig det er at man må stoppe opp når man beveger seg på de ulike seksjonene i nettverket. Programmet beregner dette som et forholdstall ved å summere antall stopp for alle brukere i simuleringsperioden og deler dette på antall brukere.

8.2 Aimsun

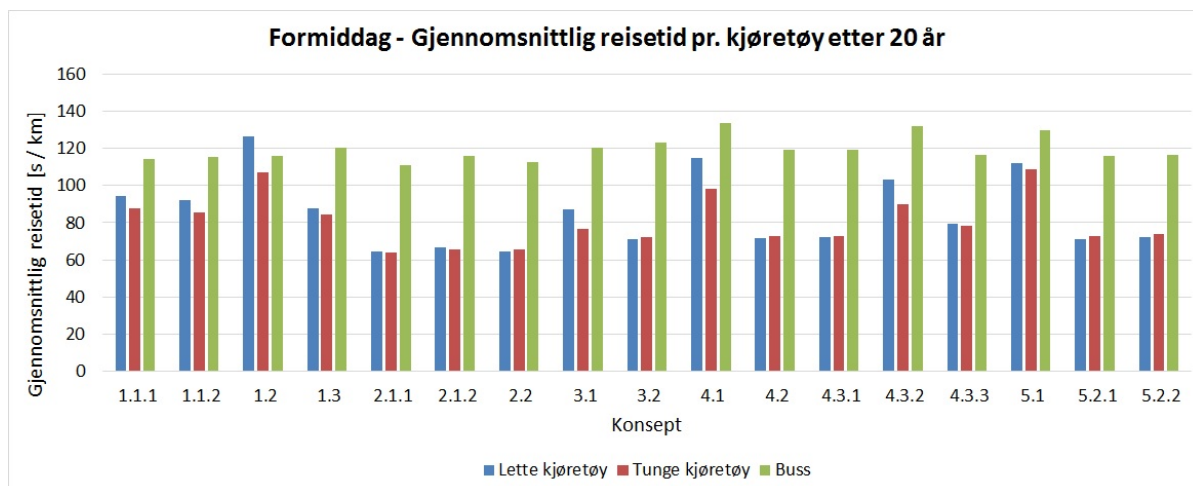
I denne oppgaven er alle konseptene simulert i Aimsun. Utvalgte resultater presenteres i dette delkapittelet. Først presenteres sammenligninger av relevant data fra en replikasjon av hvert enkelt konsept i delkapittel 8.3. Dette er gjennomsnittsdata for hele systemet. Derfor er også detaljerte resultater fra kryssområdene hentet ut. Dette presenteres i delkapittel 8.4 med figurer hentet ut fra Aimsun. I siste del av resultatene fra Aimsun presenteres en lenkeanalyse utført på et utvalg av konseptene. Her studeres reisetider i modellnettverket definert i figur 6.25 for et utvalg av konseptene.

8.3 Aimsun - Replikasjonsresultater for hele modeller

Resultatene fra hver replikasjon er i dette arbeidet benyttet til å vurdere om modellen fungerer som den er tiltenkt. Replikasjonene produserer et utvalg måladata for trafikkavviklingsegenskapene i trafikkmodellen. Urealistiske verdier på disse måledataene er undersøkt og forsøkt utbedret.

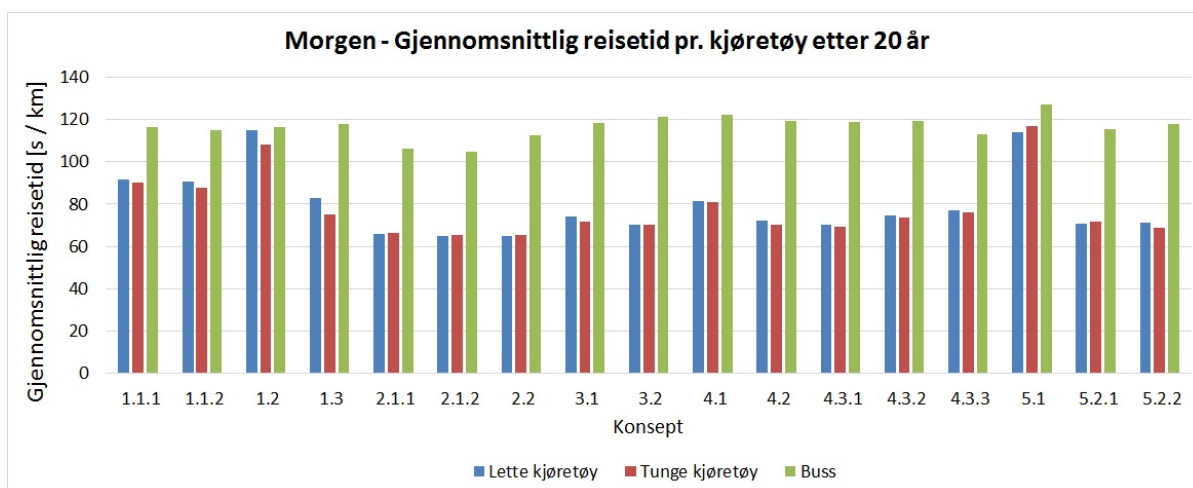
For å redusere statistiske avvik i replikasjonsresultatene for hvert konsept er funksjonen *Average* benyttet. Denne funksjonen regner gjennomsnittet av et utvalg replikasjoner for et eksperiment. Det er benyttet 4 replikasjoner for hver *Average*. Resultatene som presenteres i dette delkapittelet er derfor gjennomsnittsdata av 4 replikasjoner for hvert av konseptene.

Figurene 8.4 og 8.5 viser gjennomsnittlig reisetid i sekund pr. kilometer for de ulike kjøretøystypene i hvert av konseptene. Reisetiden for buss er inkludert stopptid på holdeplass. Det betyr at buss potensielt kan reise gjennom de fleste modellene på kortere tid, ettersom modellene har innlagt stopptid på hvert busstopp.



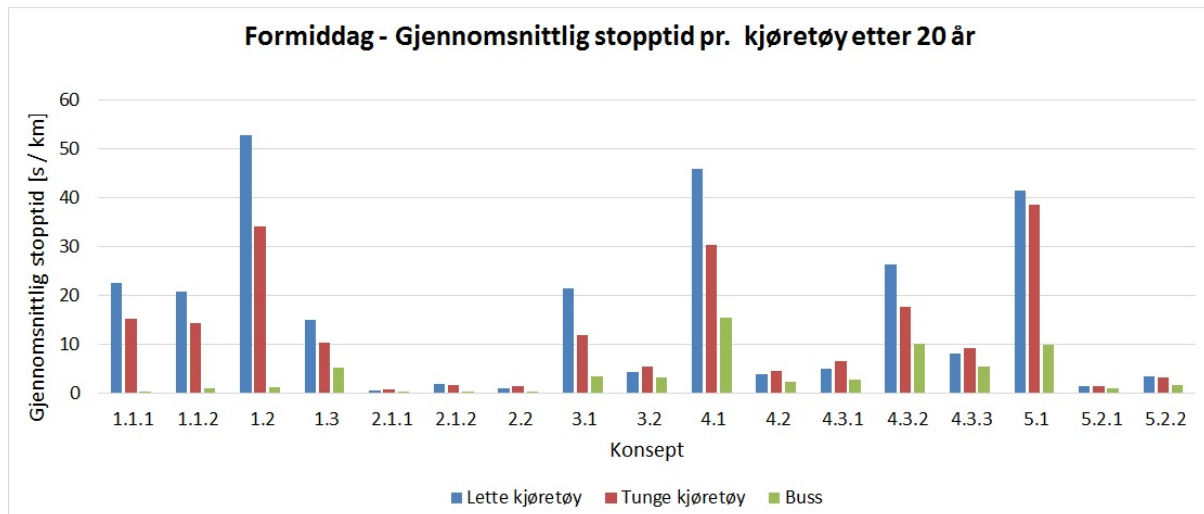
Figur 8.4: Gjennomsnittlig reisetid [s/km] pr. kjøretøy, fordelt på kjøretøytype

I reisetidssammenligningene er det en tydelig trend at konsepter basert på vikepliktregulerte løsninger gir de beste reisetidsresultatene.



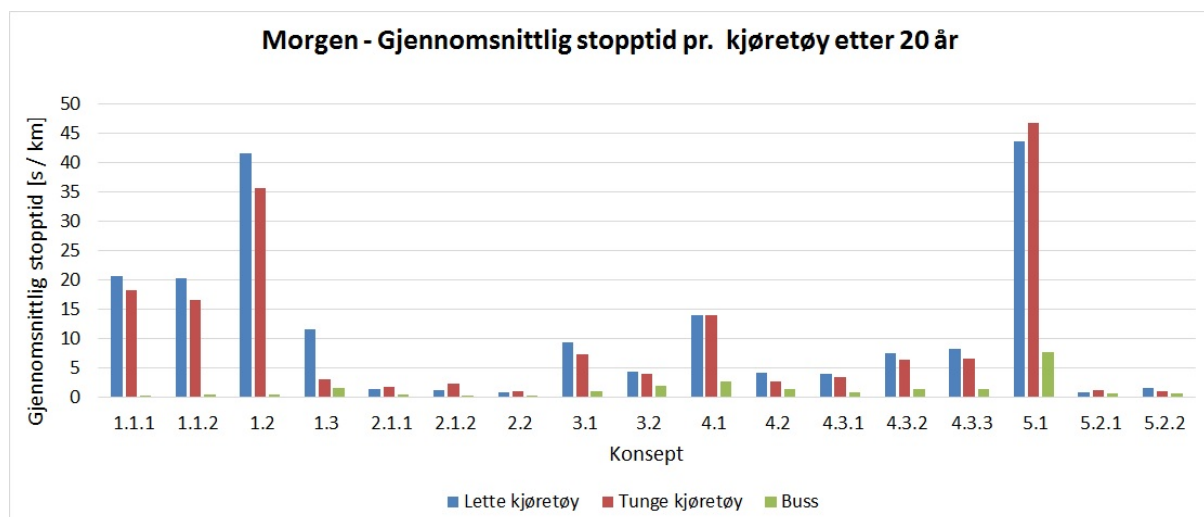
Figur 8.5: Gjennomsnittlig reisetid [s/km] pr. kjøretøy, fordelt på kjøretøytype

Det samme gjelder om gjennomsnittlig stopptid for hvert kjøretøy i sekund pr. kilometer. Her er trenden at stopptiden øker med graden av signalregulering i konseptene.



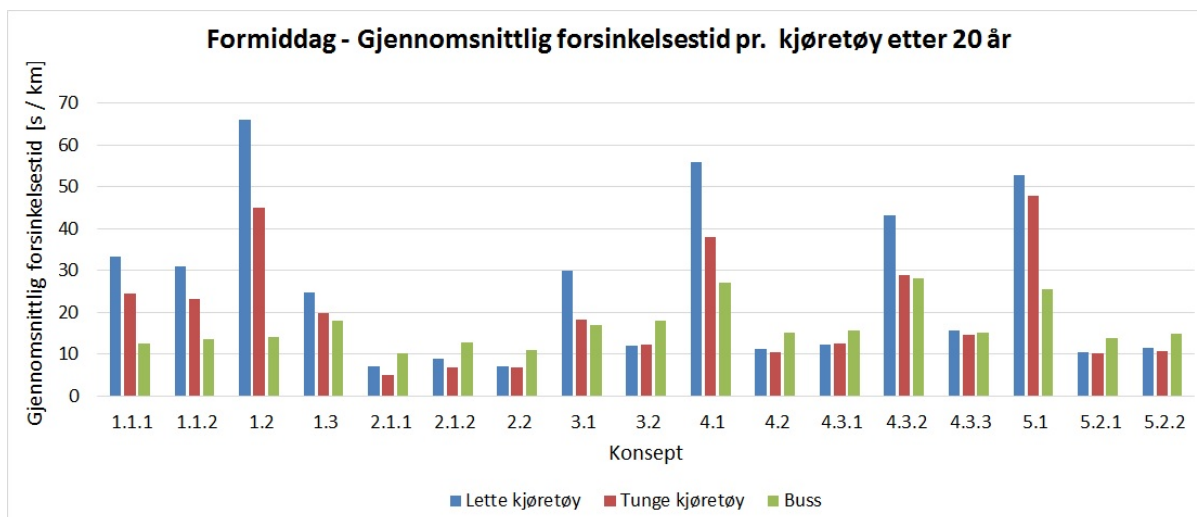
Figur 8.6: Gjennomsnittlig stopptid [s/km] pr. kjøretøy, fordelt på kjøretøytype

Figur 8.6 og 8.7 viser at konsept 5.1 kommer dårlig ut på gjennomsnittlig stopptid. Det samme gjelder gjennomsnittlig forsinkelse i figurene 8.8 og 8.9. Dette skyldes vanskeligheter med faseinnstillingene i konseptets Aimsun modell. Det samme er tilfellet for konsept 1.2 og 4.1. Delkapittel 8.4 og kapittel 9 vil gi bedre forståelse av problemene det har vært med modelleringen av disse konseptene.

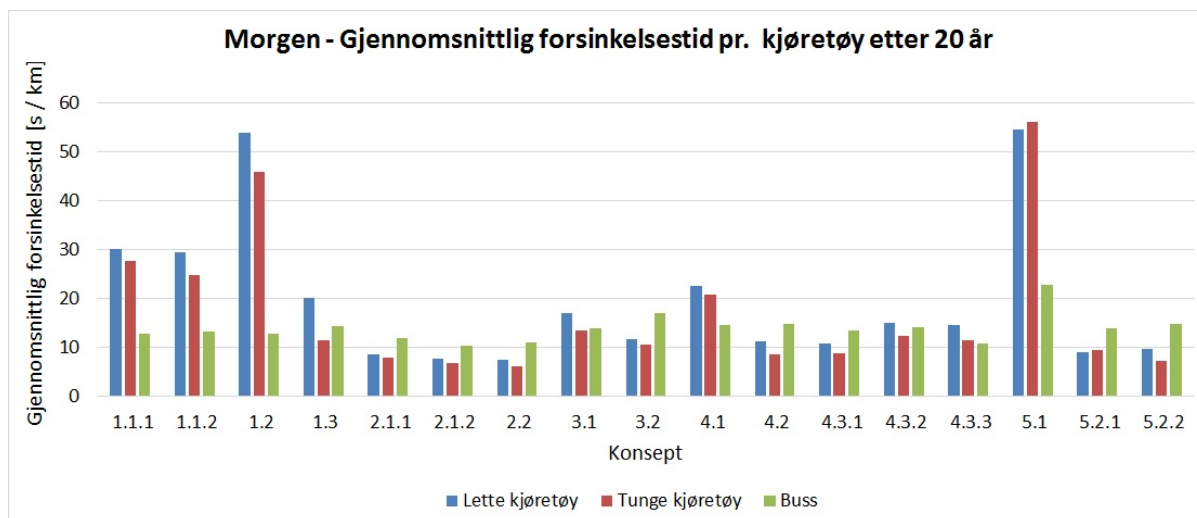


Figur 8.7: Gjennomsnittlig stopptid [s/km] pr. kjøretøy, fordelt på kjøretøytype

Resultatene for gjennomsnittlig stopptid viser at buss har lavere stopptid enn de andre kjøretøytypene i alle konseptene. Når det kommer til forsinkelsestid ligger buss noe høyere enn de andre kjøretøytypene i flere av konseptene.



Figur 8.8: Gjennomsnittlig forsinkelse [s/km] pr. kjøretøy, fordelt på kjøretøytype



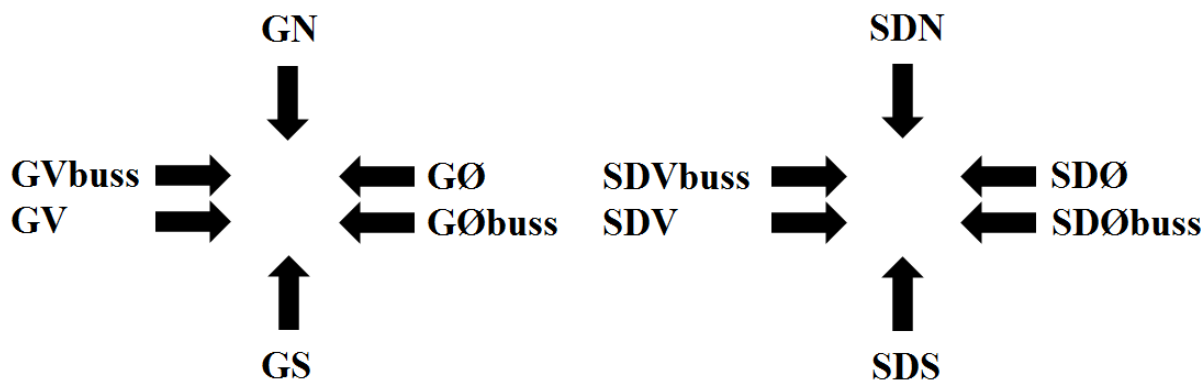
Figur 8.9: Gjennomsnittlig forsinkelse [s/km] pr. kjøretøy, fordelt på kjøretøytype

8.4 Aimsun - Tidsserier for kryssløsningene

Figurene som presenteres i dette delkapittelet er hentet ut fra Aimsun. Resultatene for LOS er hentet ut ved bruk av funksjonen *View mode*. Forsinkelse (*Delay time*), stopptid (*Stop time*) og maksimale kølengder (*Max. Queue*) er hentet ut ved bruk av *Time Series Viewer*. Aksenes beskrivende tekst er automatisk generert i Aimsun. Det ble ikke avdekket mulighet til å endre disse i programmet. Neste avsnitt forklarer derfor aksenes betydning i figurene.

I figurene for forsinkelse og stopptid angir y-aksen sekunder i gjennomsnitt for hvert kjøretøy. I resultatfigurene for maks kølengde er det antall kjøretøy i lengste registrerte kø på den aktuelle seksjonen, langs y-aksen. X-aksen angir hvilken seksjon i modellen og hvilket kjørefelt tidsverdien gjelder. Feltnummereringen for seksjonene tar utgangspunkt i seksjonenes retning. Kjørefelt nummer 1 er feltet lengst til venstre, orientert med seksjonens retning. Kjørefelt nummer 2 er da det kjørefeltet som ligger nest lengst til venstre og så videre. Dette gir at felt nummer 2 i modellene er midtre eller høyre felt og et eventuelt felt nummer 3 er feltet lengst til høyre.

Seksjonene er navngitt slik figur 8.10 viser:



Figur 8.10: Navnsetting av seksjonene inn mot kryssene i modellene

G står for Grønnåsen og *SD* for Stille Dal. Neste bokstav angir retning (Nord, Sør, Øst, Vest) trafikken kommer fra. Bussfeltene angis med **buss**.

I noen av konseptene er det konseptspesifikke seksjoner. Navnsettingen av disse beskrives der konseptets resultater presenteres. Alle modellene er i utgangspunktet simulert uten implementering av forenklede fotgjengere. I de modellene som har en slik forenkling av fotgjengere, er dette bemerket i overskriften.

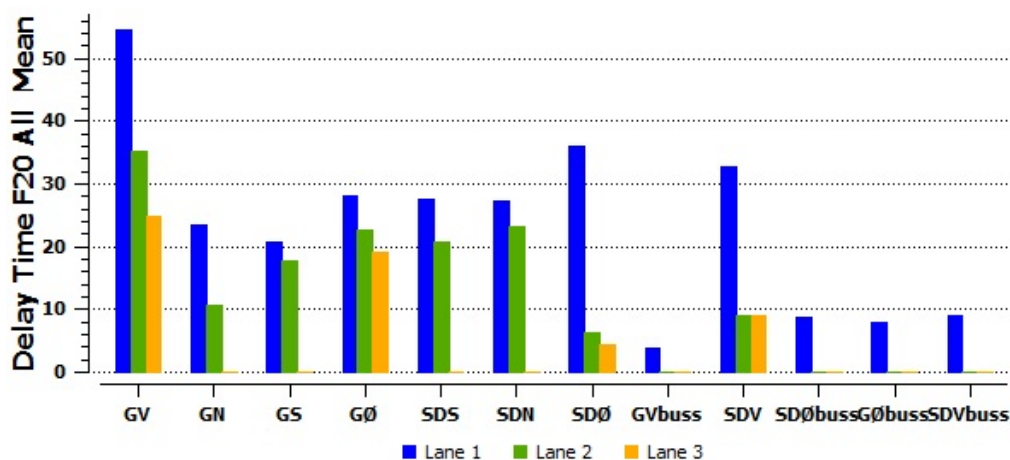
8.4.1 Konsept 1.1.1 - Signalregulert kryss med midtstilte kollektivfelt - Uten forenklede fotgjengere



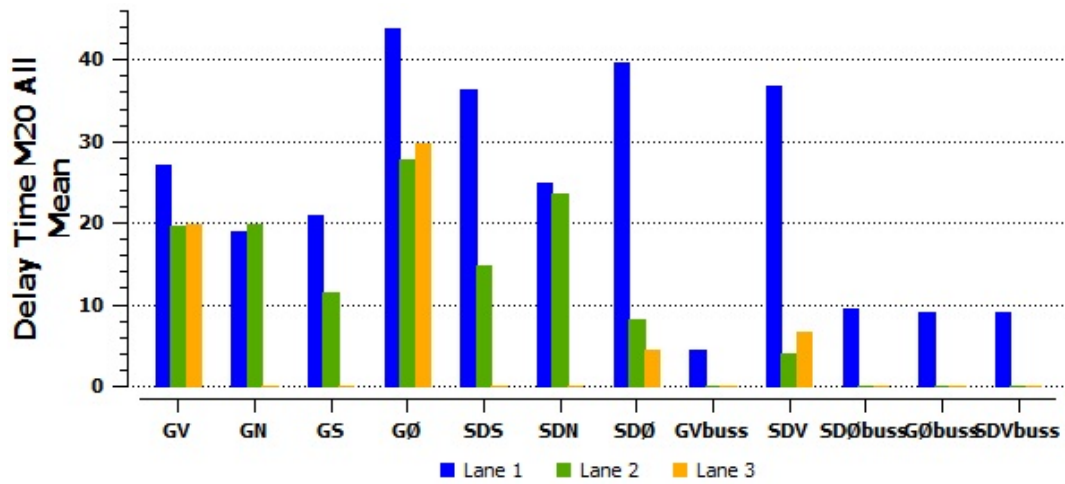
Figur 8.11: K1.1.1 - Seksjonenes *Level of service* - Formiddag etter 20 år



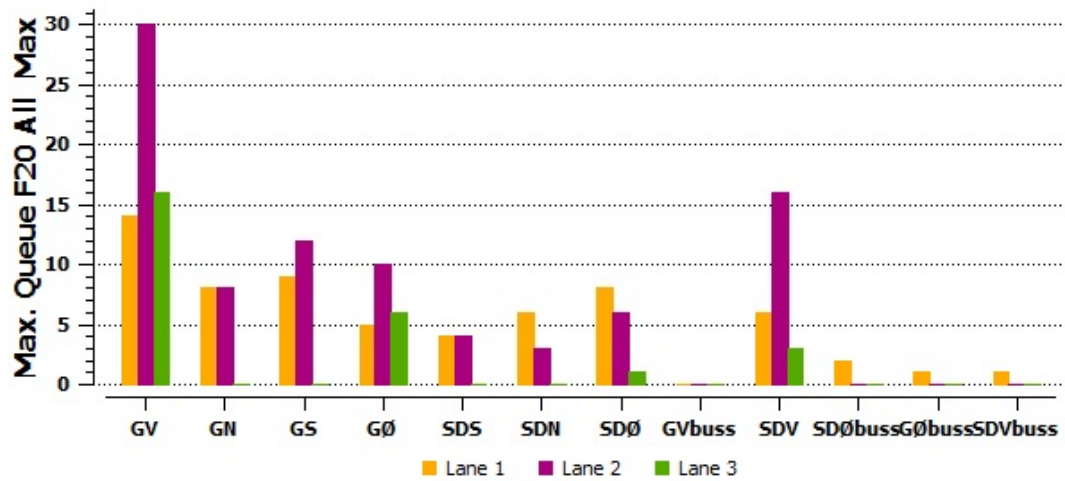
Figur 8.12: K1.1.1 - Seksjonenes *Level of service* - Morgen etter 20 år



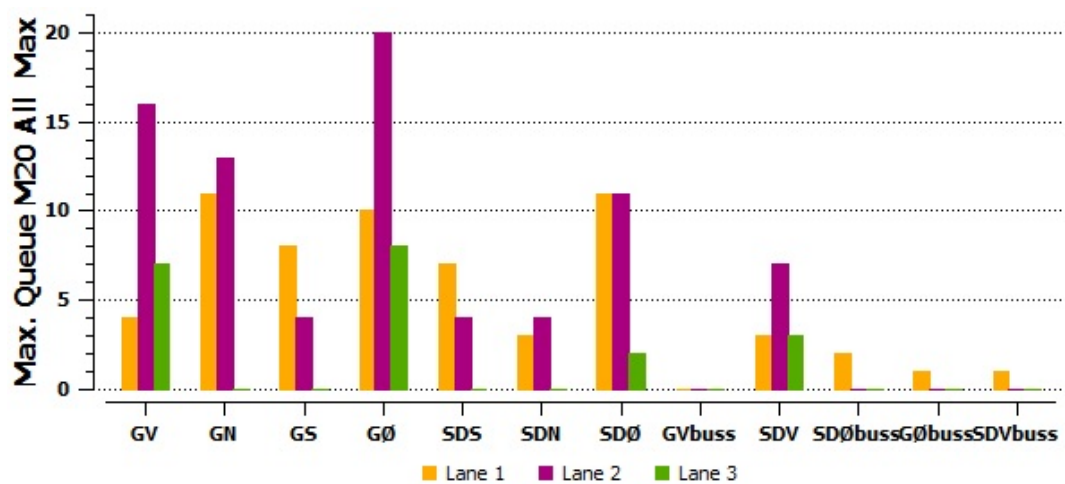
Figur 8.13: K1.1.1 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år



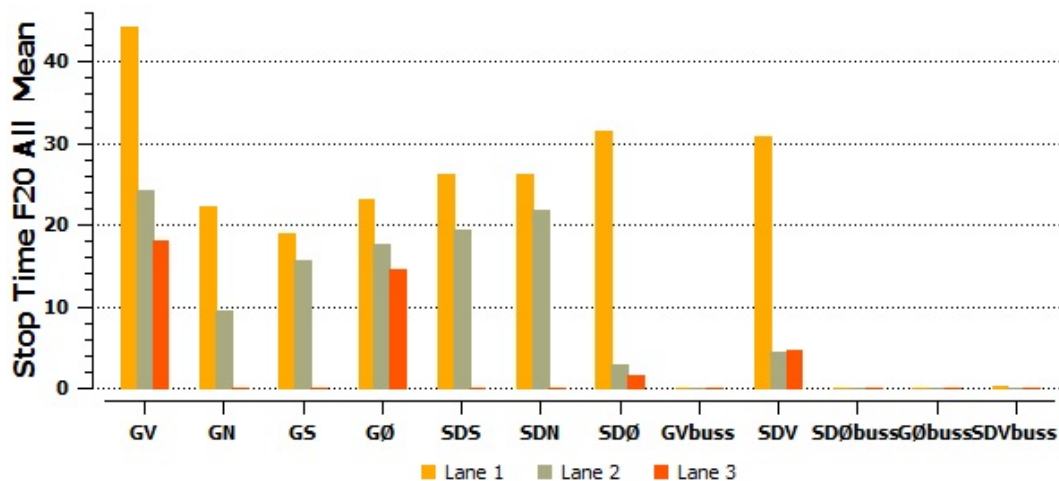
Figur 8.14: K1.1.1 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år



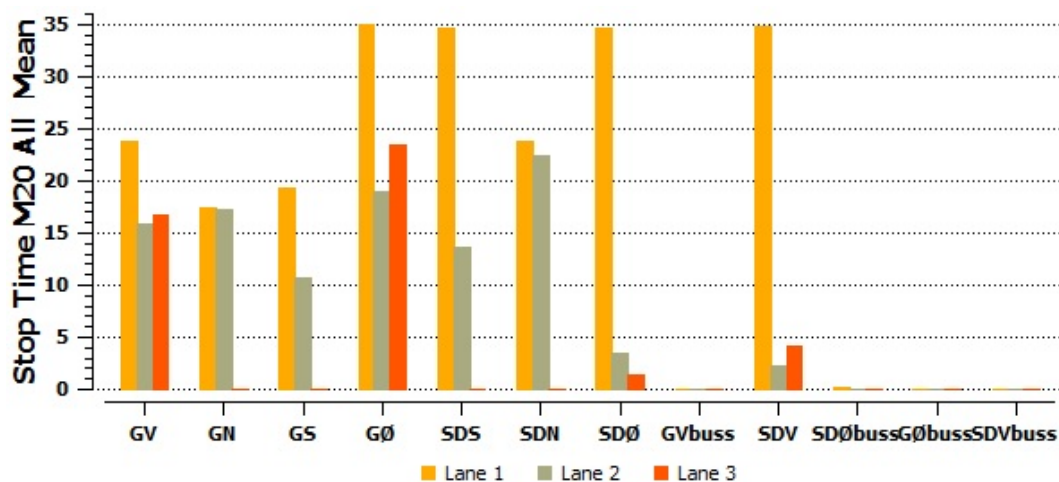
Figur 8.15: K1.1.1 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år



Figur 8.16: K1.1.1 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år



Figur 8.17: K1.1.1 - Stopptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år

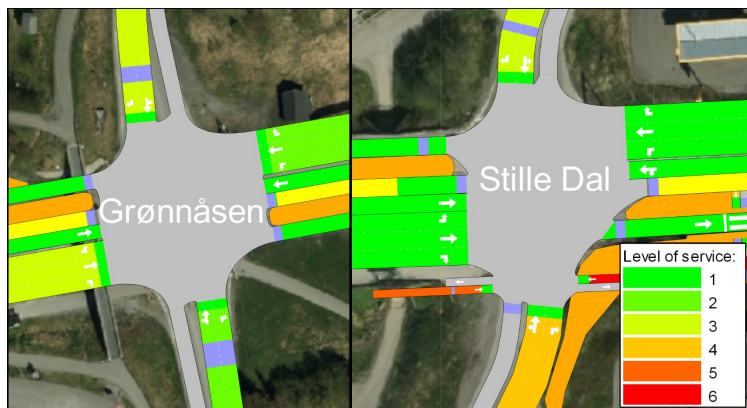


Figur 8.18: K1.1.1 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år

Oppsummerende kommentarer:

- Laveste LOS nivå: 3 - (Formiddag: GV,GN,GØ,SDN & Morgen: GS,GØ,SDS,SDN)
- Dårlige forhold for venstresvingende trafikk
- Maks Kølengde: 30 kjt - (Formiddag: GV)
- Gode trafikkforhold for kollektivtransport

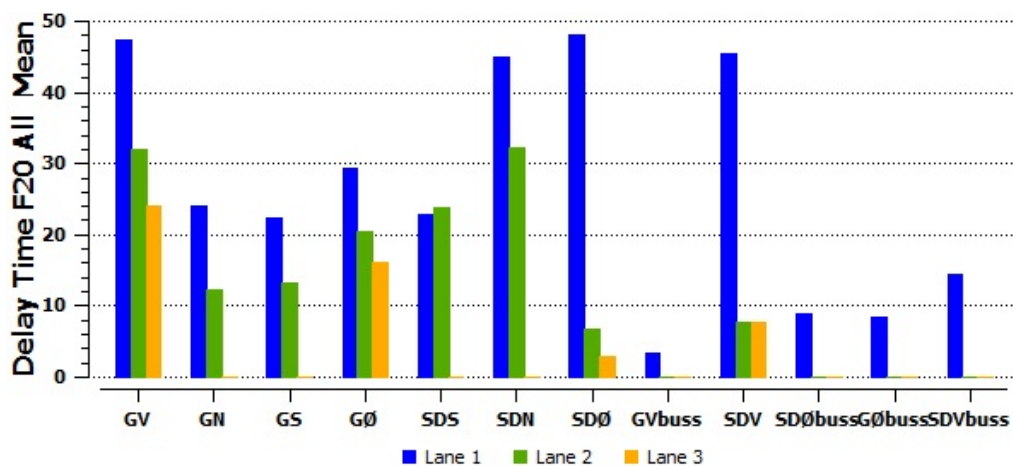
8.4.2 Konsept 1.1.2 - Signalregulert kryss med midtstilte kollektivfelt - Med forenklete fotgjengere



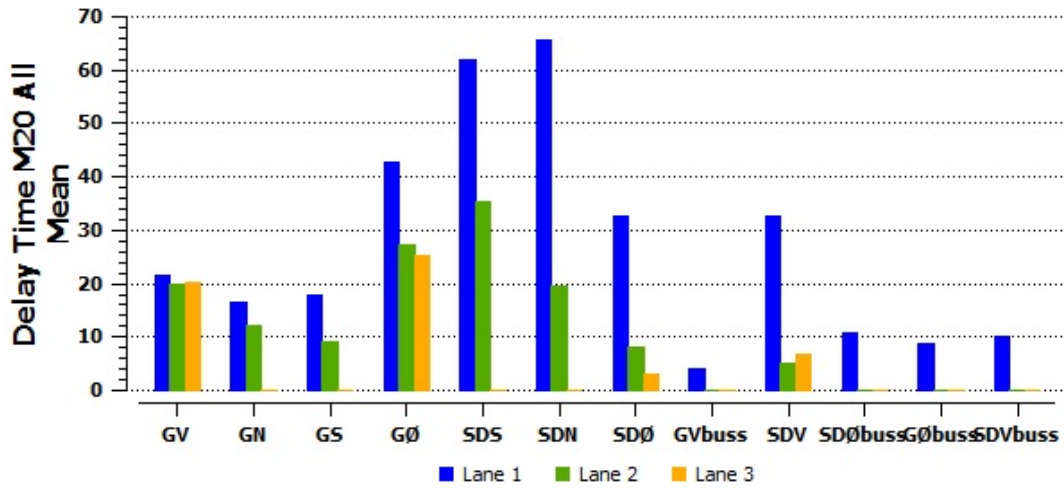
Figur 8.19: K1.1.2 - Seksjonenes *Level of service* - Formiddag etter 20 år



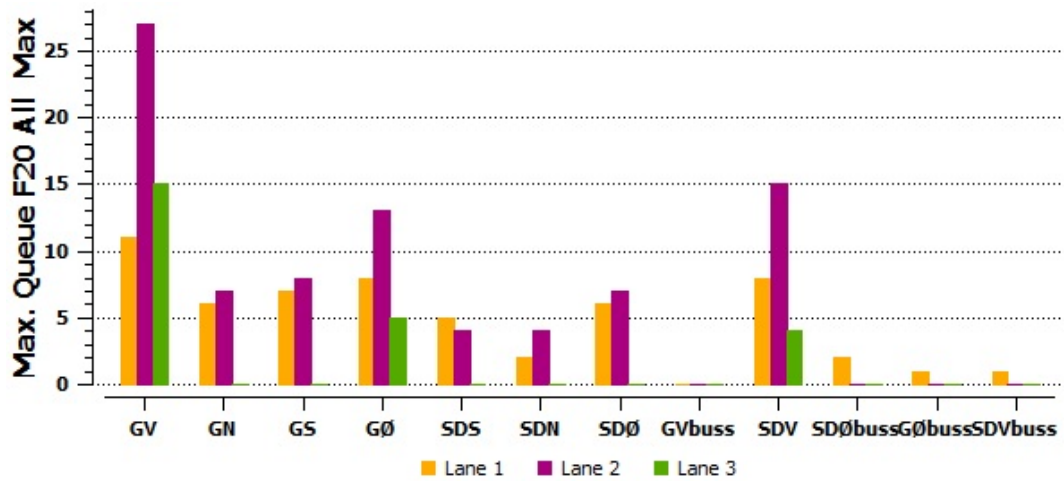
Figur 8.20: K1.1.2 - Seksjonenes *Level of service* - Morgen etter 20 år



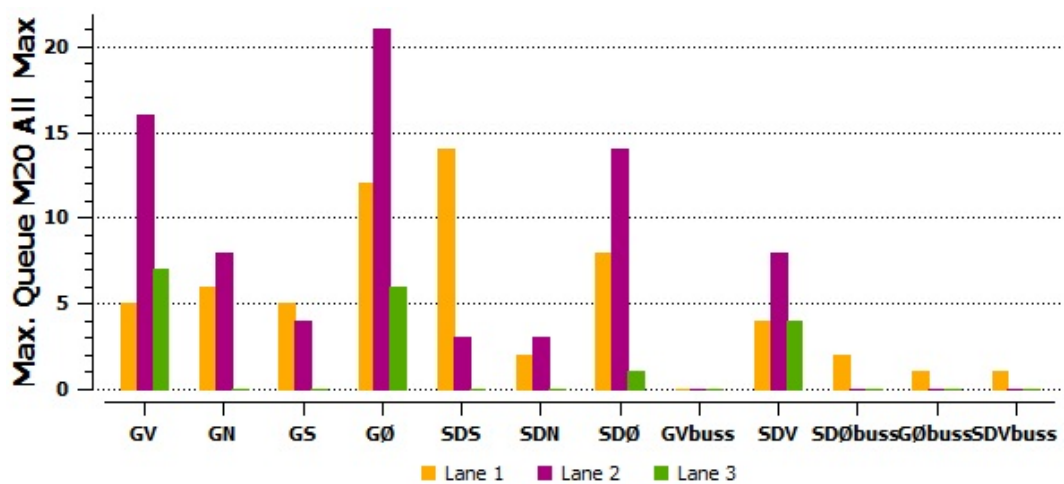
Figur 8.21: K1.1.2 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år



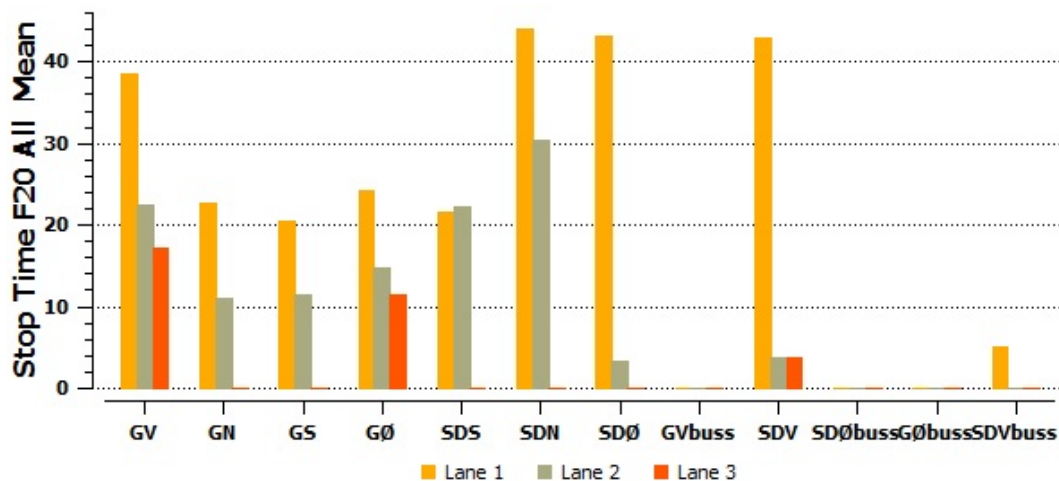
Figur 8.22: K1.1.2 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år



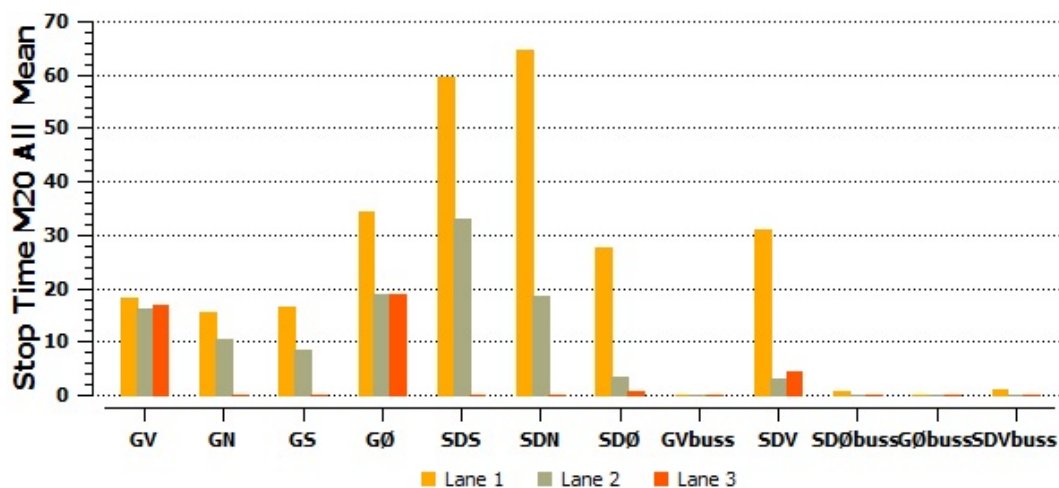
Figur 8.23: K1.1.2 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år



Figur 8.24: K1.1.2 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år



Figur 8.25: K1.1.2 - Stopptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år



Figur 8.26: K1.1.2 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år

Oppsummerende kommentarer:

- Laveste LOS nivå: 4 - (Formiddag: SDS)
- Dårlige forhold for venstresvingende trafikk
- Maks Kølengde: 27 kjt - (Formiddag: GV)
- Gode trafikkforhold for kollektivtransport

8.4.3 Konsept 1.2 - Signalregulert kryss med venstresvingefelt mellom midtstilte kollektivfelt

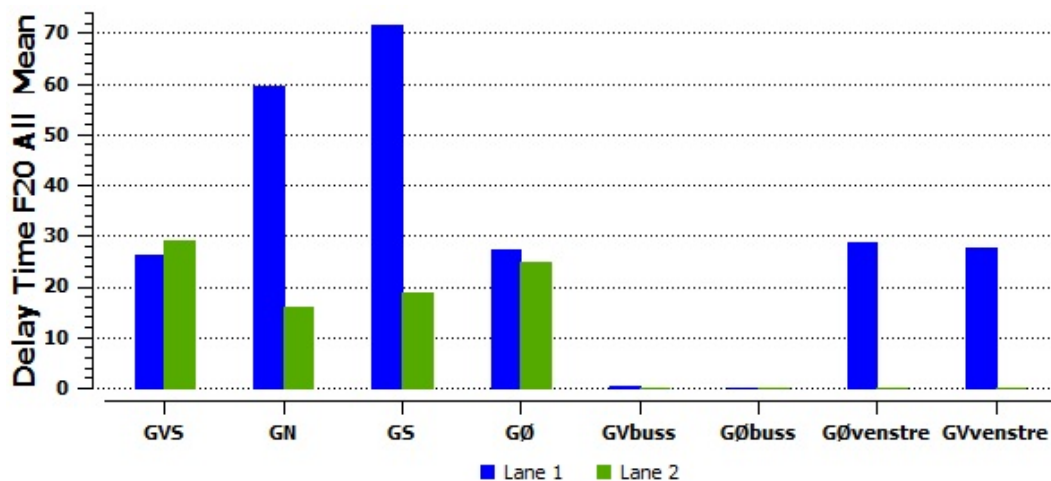
GVS står for Grønnåsen Vest Sør og er navnet på 2-feltsseksjonen som ligger lengst sør av GV seksjonene. GVvenstre og GØvenstre er venstresvingseksjonene som ligger mellom kollektivfeltene



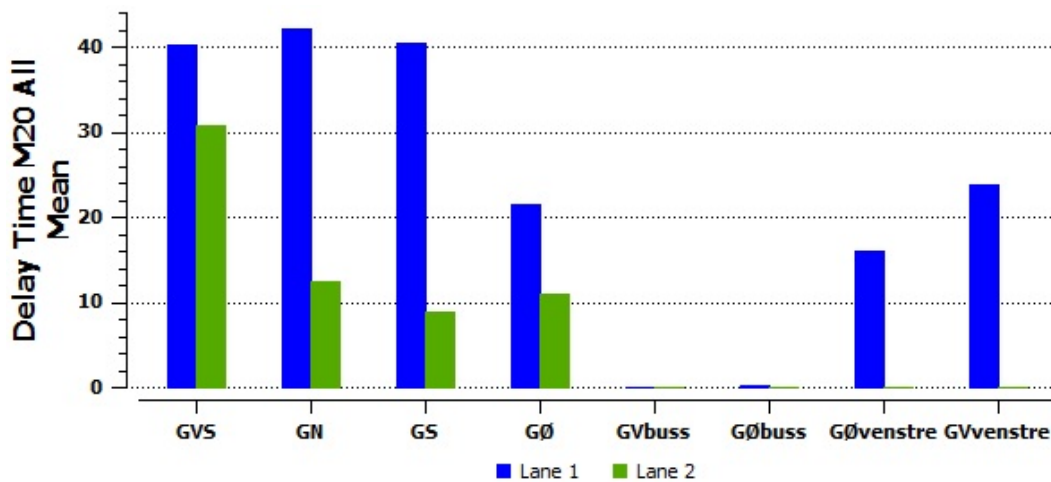
Figur 8.27: K1.2 - Seksjonenes *Level of service* - Formiddag etter 20 år



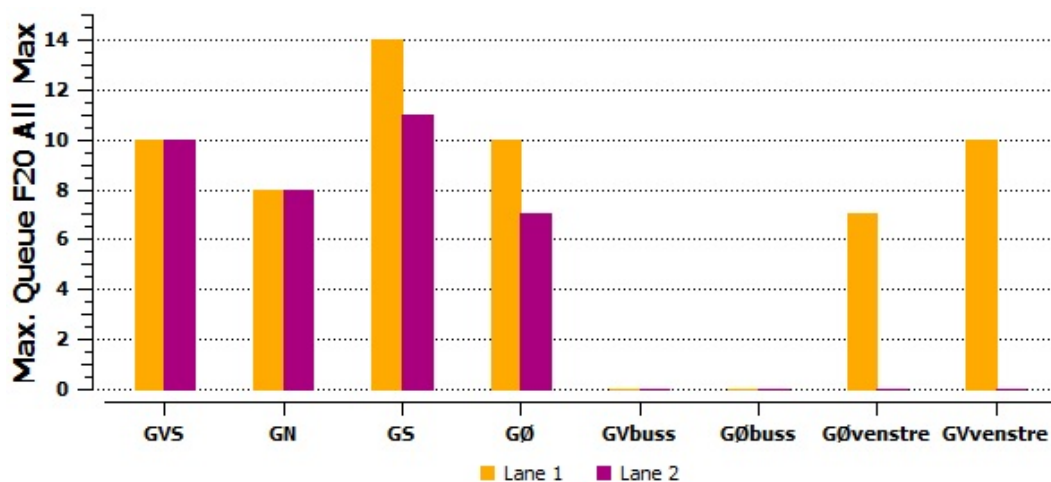
Figur 8.28: K1.2 - Seksjonenes *Level of service* - Morgen etter 20 år



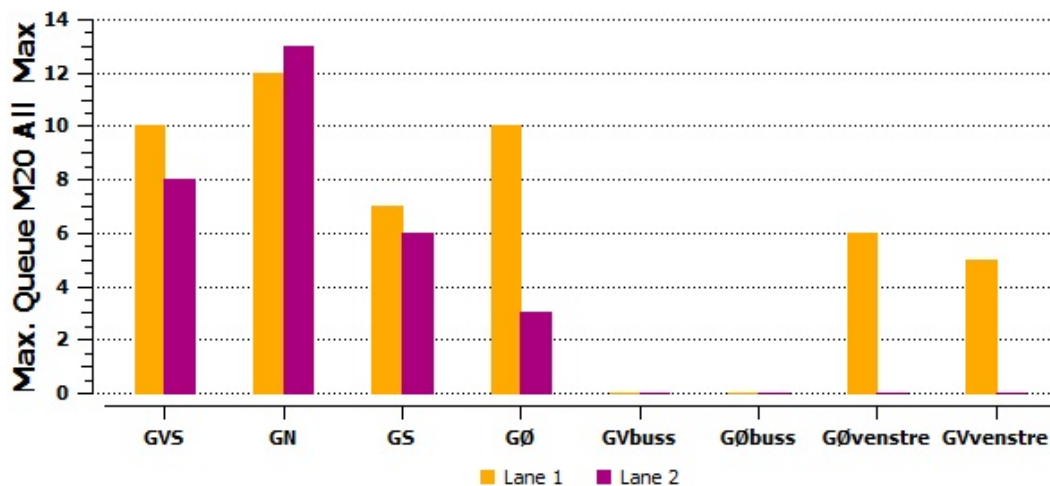
Figur 8.29: K1.2 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år



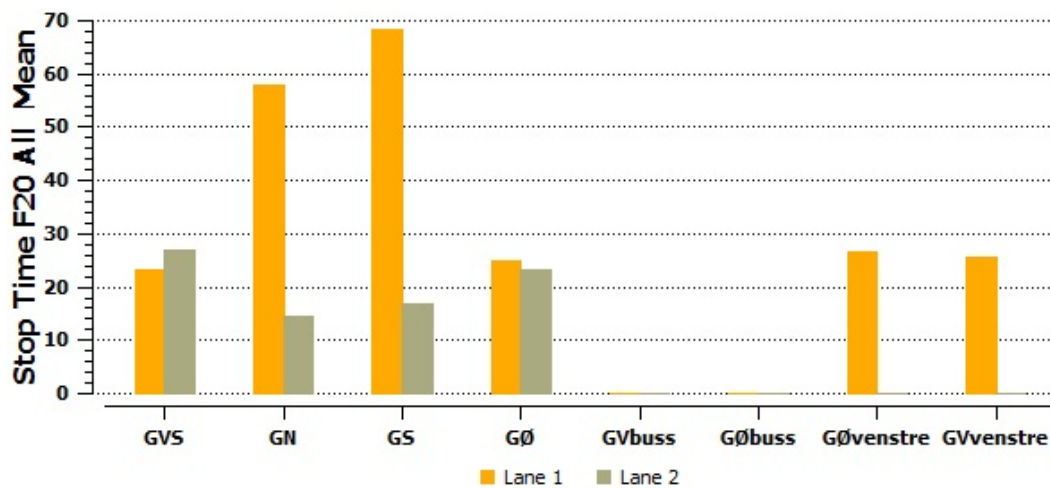
Figur 8.30: K1.2 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år



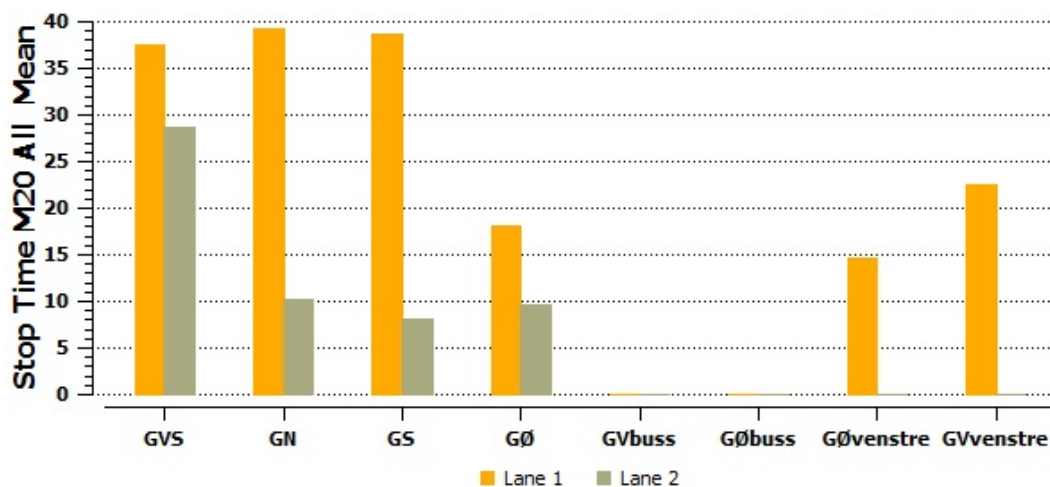
Figur 8.31: K1.2 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år



Figur 8.32: K1.2 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år



Figur 8.33: K1.2 - Stopptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år



Figur 8.34: K1.2 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år

Oppsummerende kommentarer:

- Laveste LOS nivå: 6 - (Formiddag: GN)
- Relativt dårlig trafikkavviklingskvalitet for GN og GS
- Maks Kølengde: 14 kjt - (Formiddag: GS)
- Gode trafikkforhold for kollektivtransport

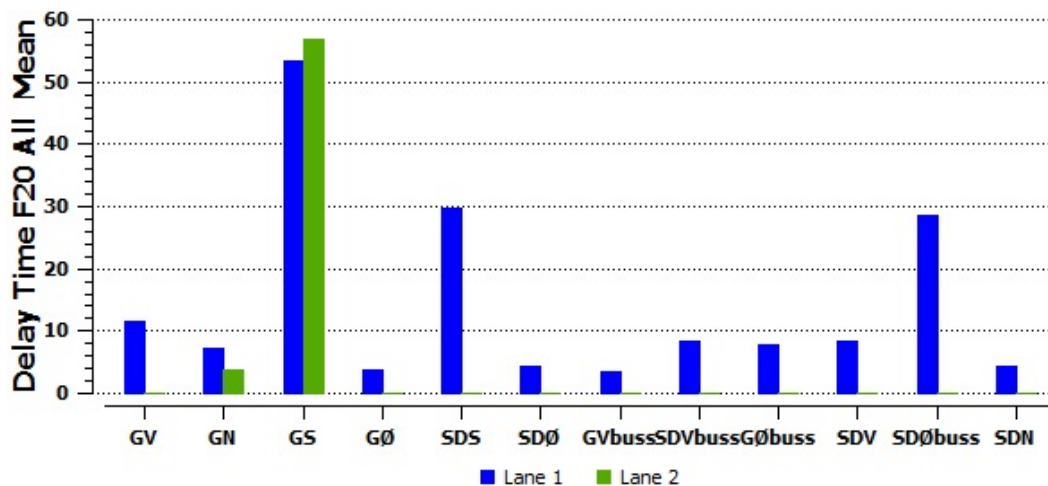
8.4.4 Konsept 1.3 - Signalregulert rundkjøring med midtstilte kollektivfelt gjennom sentraløy



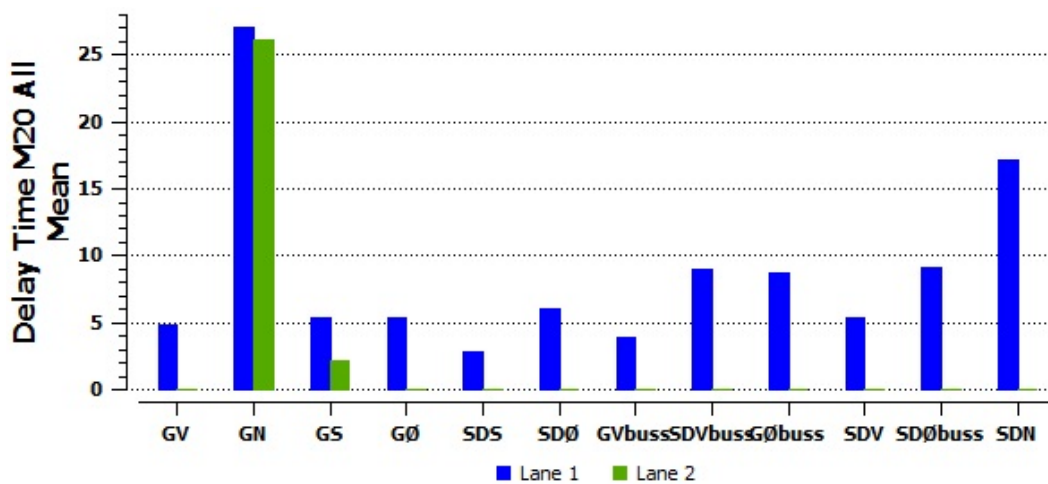
Figur 8.35: K1.3 - Seksjonenes *Level of service* - Formiddag etter 20 år



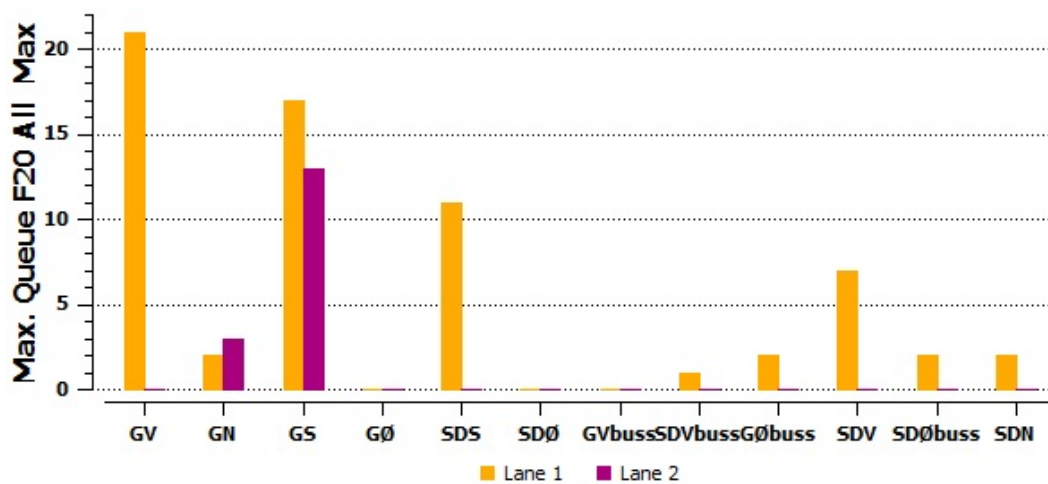
Figur 8.36: K1.3 - Seksjonenes *Level of service* - Morgen etter 20 år



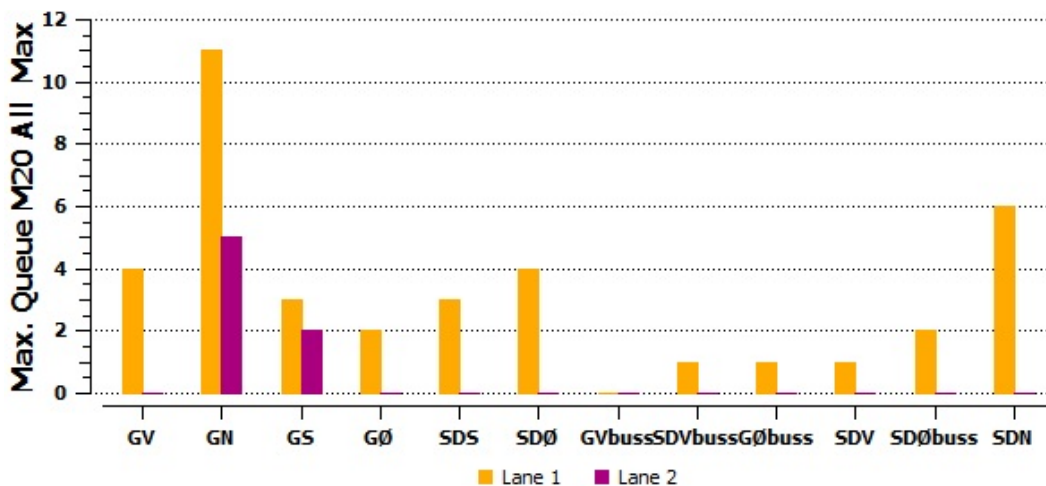
Figur 8.37: K1.3 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år



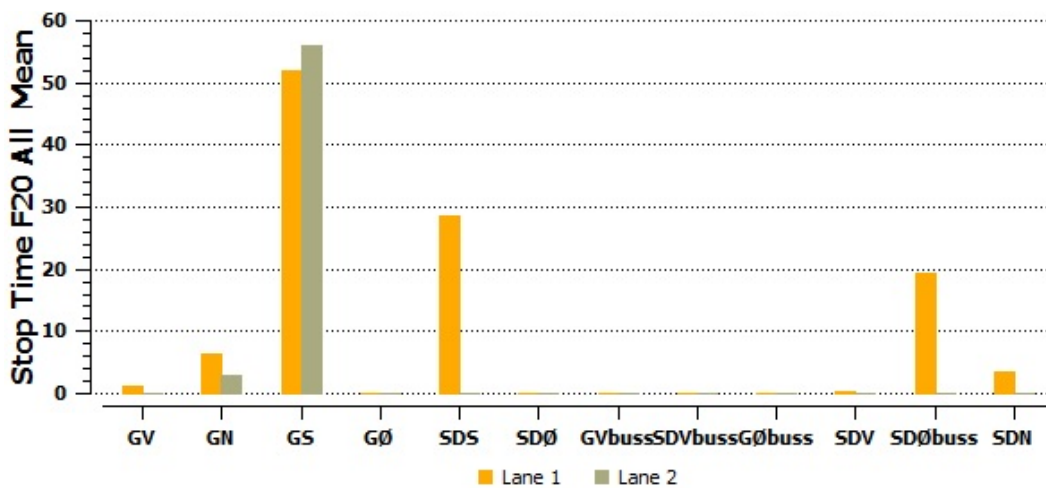
Figur 8.38: K1.3 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år



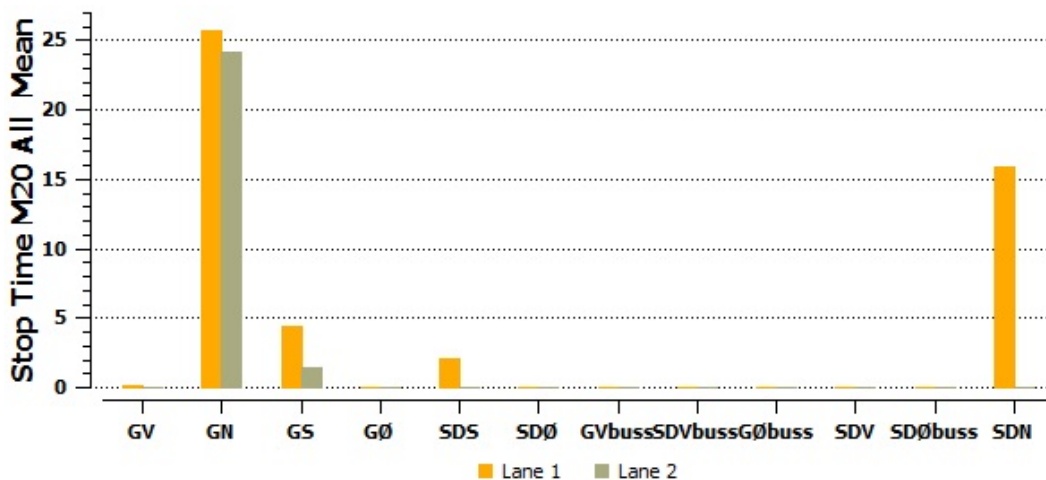
Figur 8.39: K1.3 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år



Figur 8.40: K1.3 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år



Figur 8.41: K1.3 - Stopptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år



Figur 8.42: K1.3 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år

Oppsummerende kommentarer:

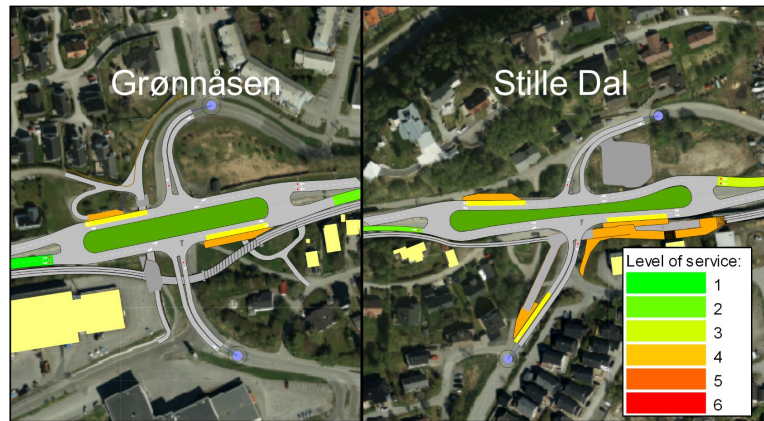
- Laveste LOS nivå: 3 - (Formiddag: GS)
- Markant dårligere trafikkavviklingskvalitet for GN og GS, sammenlignet med de andre seksjonene
- Maks Kølengde: 21 kjt - (Formiddag: GV)
- Gode trafikkforhold for kollektivtransport

8.4.5 K2.1.1 - Avlang rundkjøring - Vanlig rundkjøringsregulering av vikepliktighet

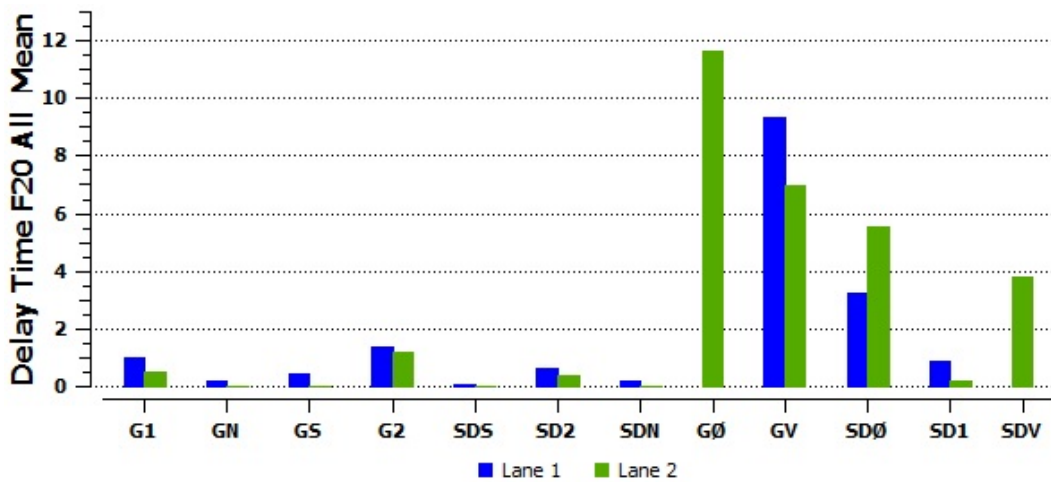
Et 1-tall i seksjonsnavnet betyr seksjonene der trafikken enten går vestover eller svinger til venstre. Et 2-tall i seksjonsnavnet betyr seksjonene der trafikken enten går østover eller svinger til venstre.



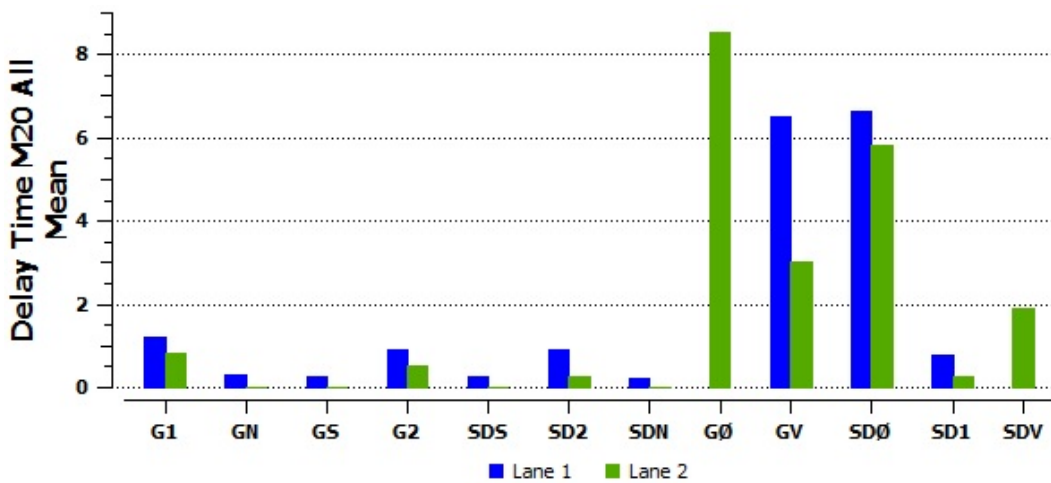
Figur 8.43: K2.1.1 - Seksjonenes *Level of service* - Formiddag etter 20 år



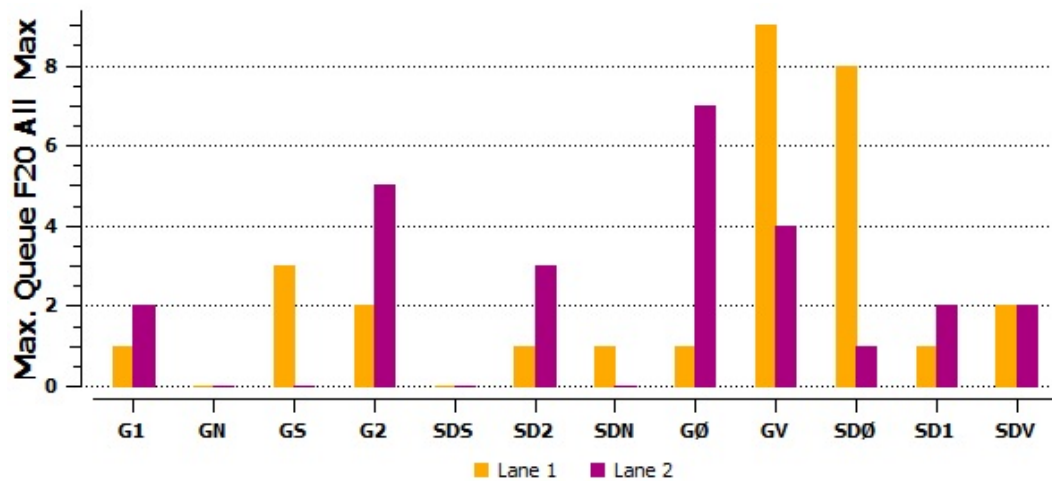
Figur 8.44: K2.1.1 - Seksjonenes *Level of service* - Morgen etter 20 år



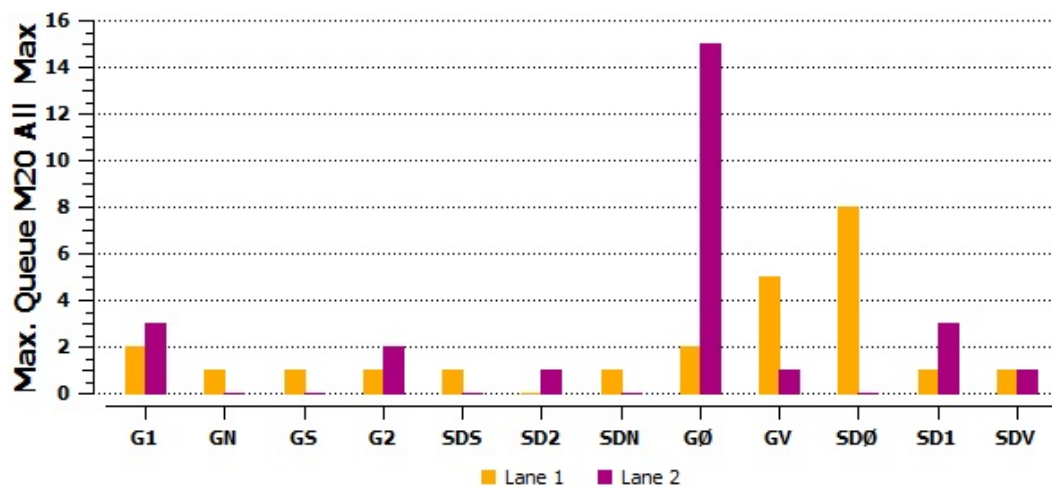
Figur 8.45: K2.1.1 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år



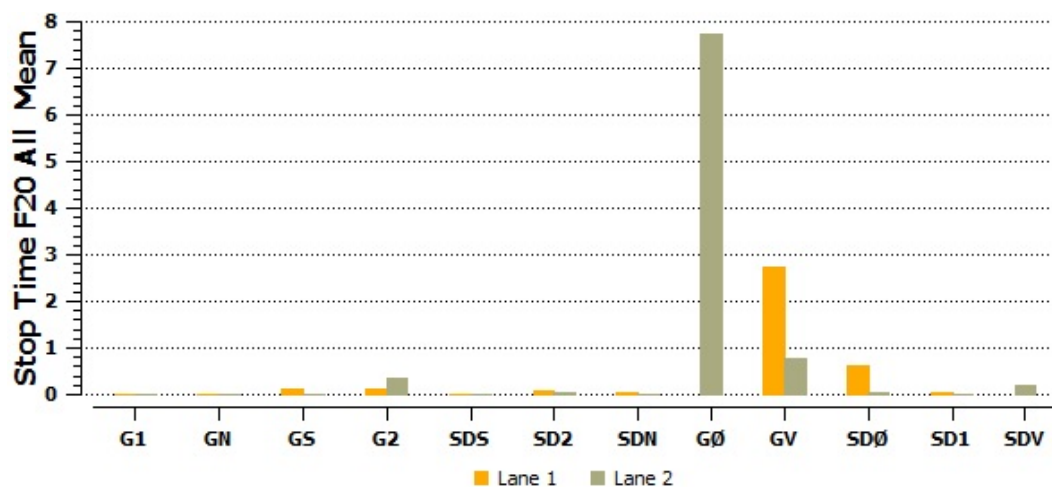
Figur 8.46: K2.1.1 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år



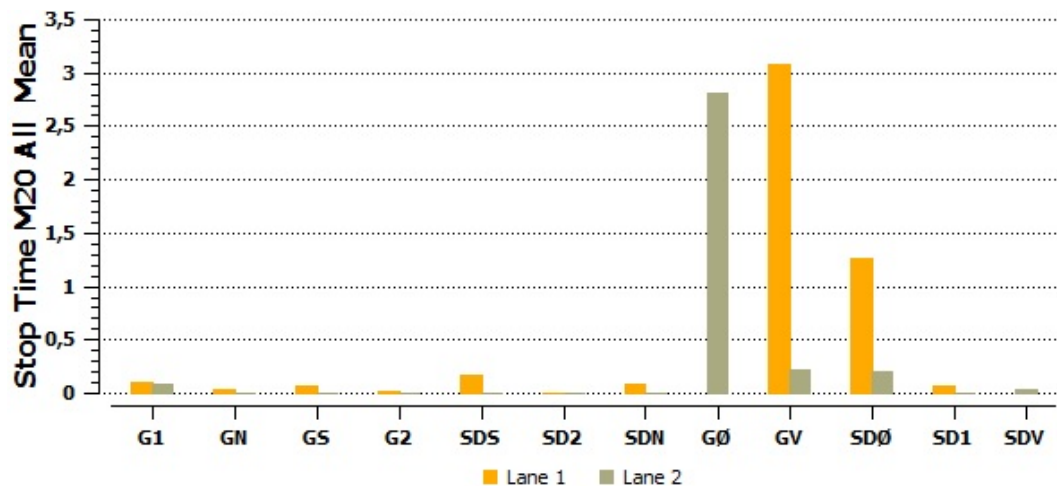
Figur 8.47: K2.1.1 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år



Figur 8.48: K2.1.1 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år



Figur 8.49: K2.1.1 - Stopptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år



Figur 8.50: K2.1.1 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år

Oppsummerende kommentarer:

- Laveste LOS nivå: 3 - (Formiddag: GV, SDV & Morgen: SDØ)
- Trafikk på primærvegen som skal rett frem i kryssene er vikepliktig ovenfor venstresvingende trafikk i krysset. Det viser resultatene ved at GØ, GV, SDØ og SDV er de seksjonene som har dårligst trafikkavvikling.
- Maks Kølengde: 15 kjt - (Formiddag: GØ)
- Gode trafikkforhold for kollektivtransport

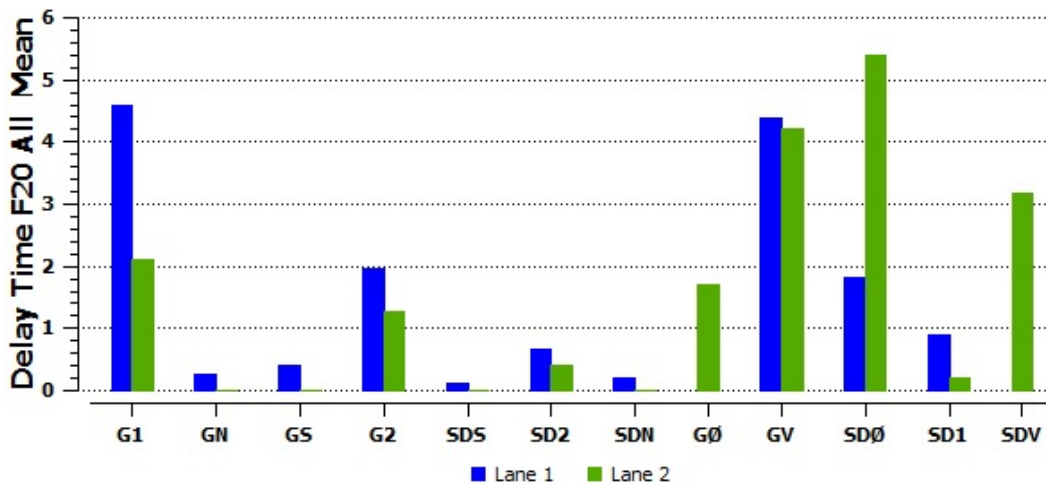
8.4.6 Konsept 2.1.2 - Avlang rundkjøring - Vanlig høyreregel



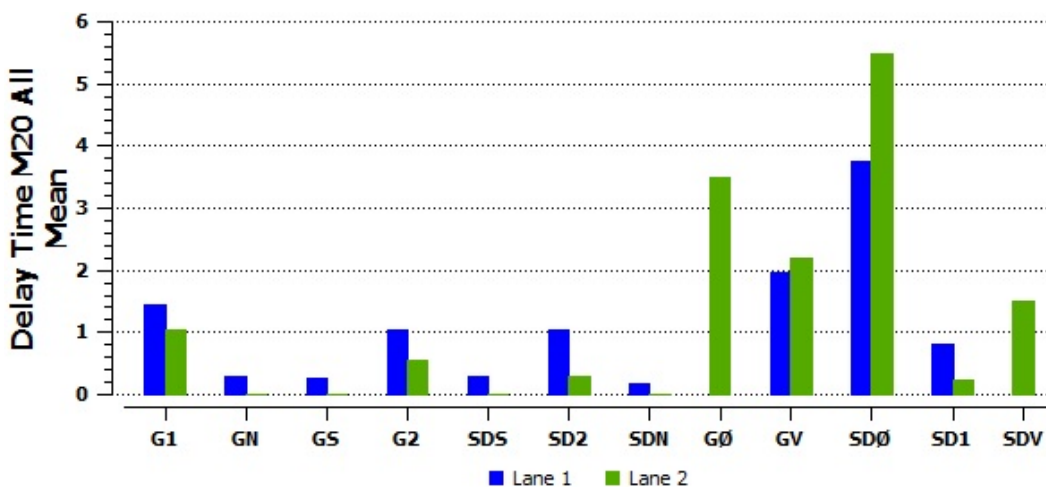
Figur 8.51: K2.1.2 - Seksjonenes *Level of service* - Formiddag etter 20 år



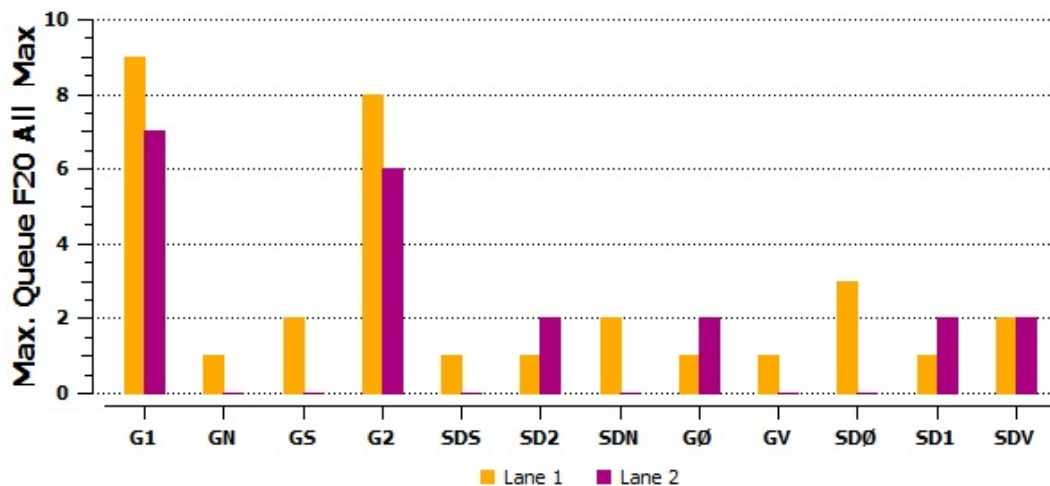
Figur 8.52: K2.1.2 - Seksjonenes *Level of service* - Morgen etter 20 år



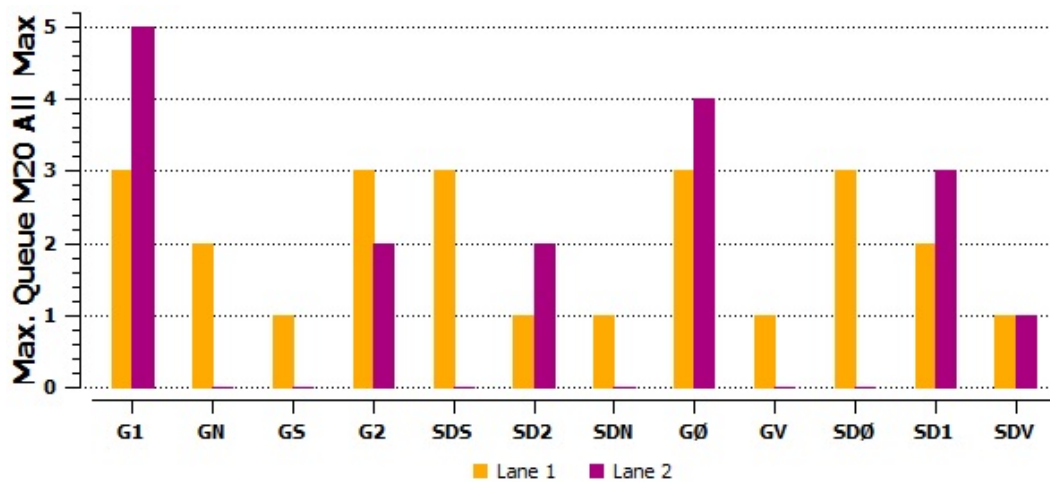
Figur 8.53: K2.1.2 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år



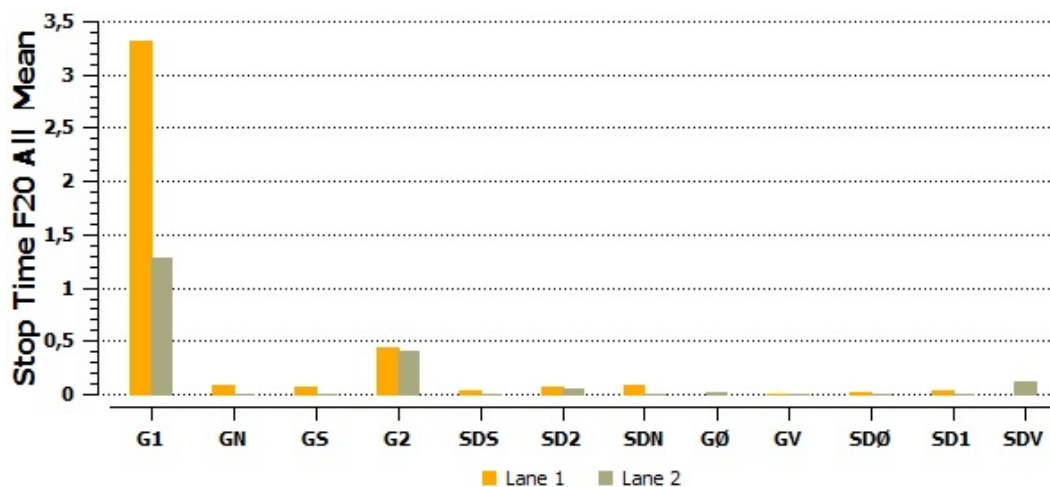
Figur 8.54: K2.1.2 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år



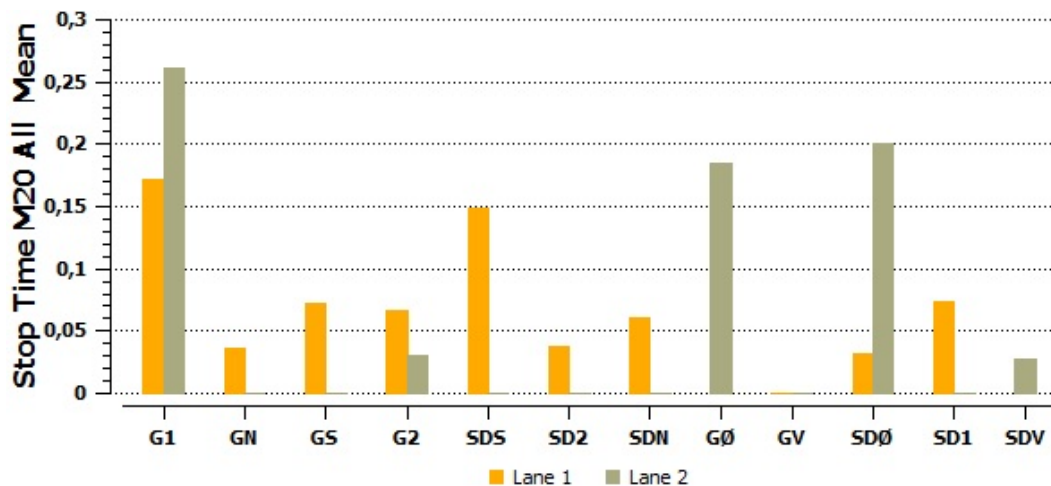
Figur 8.55: K2.1.2 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år



Figur 8.56: K2.1.2 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år



Figur 8.57: K2.1.2 - Stopptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år



Figur 8.58: K2.1.2 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år

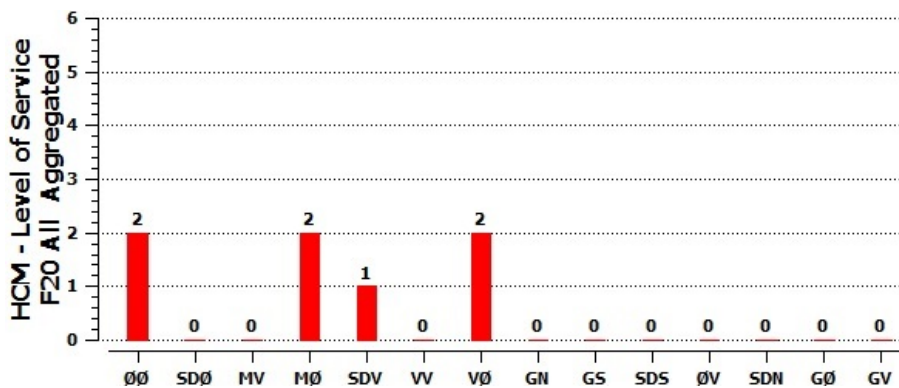
Oppsummerende kommentarer:

- Laveste LOS nivå: 3 - (Formiddag: GV, SDV & Morgen: SDØ)
- Maks Kølengde: 9 kjt - (Formiddag: G1)
- Meget gode trafikkforhold for kollektivtransport

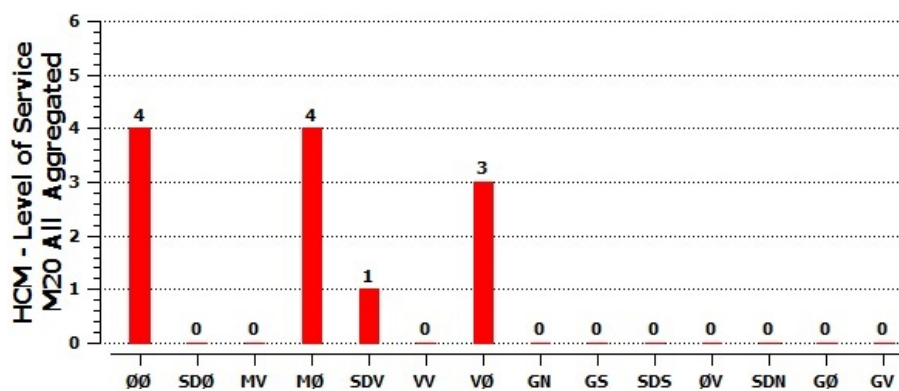
8.4.7 Konsept 2.2 - Snukryss



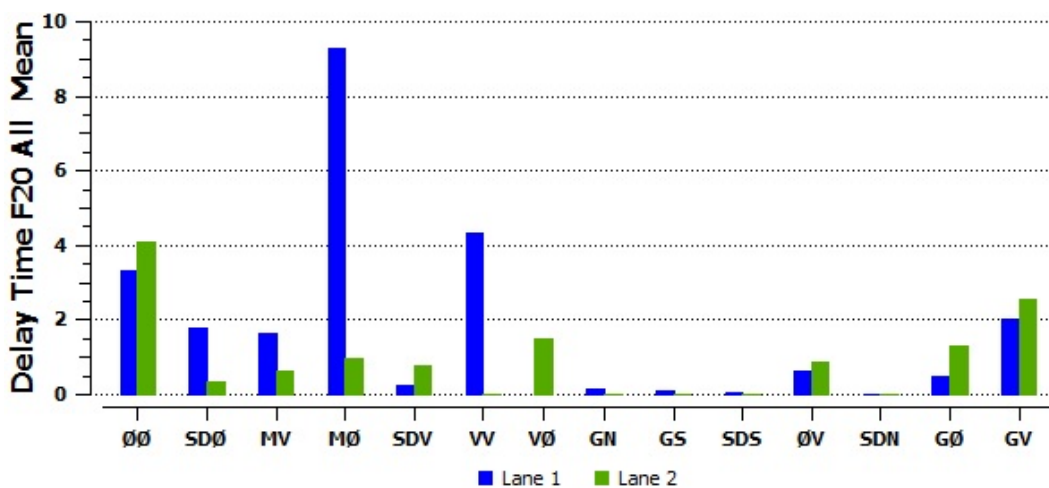
Figur 8.59: K2.2 - Seksjonenes navnsetting



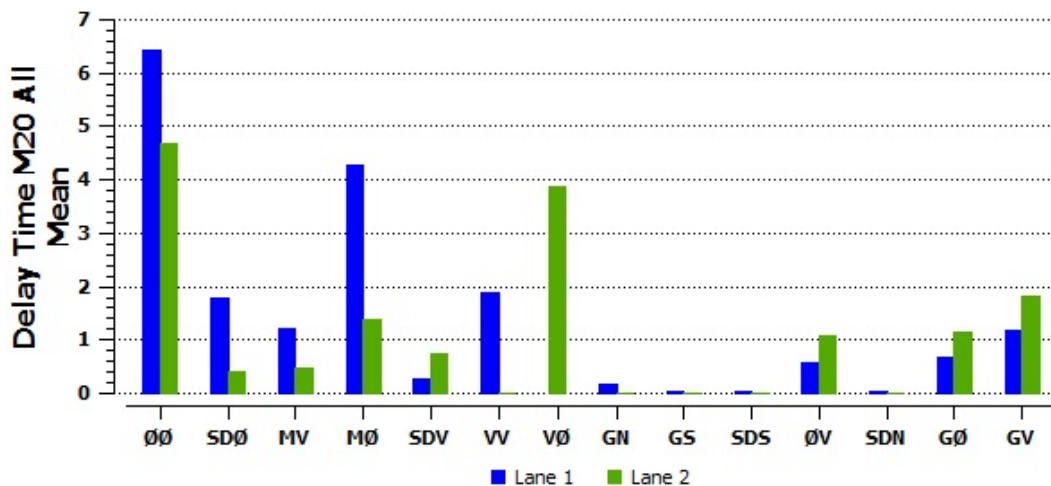
Figur 8.60: K2.2 - Seksjonenes *Level of service* - Formiddag etter 20 år



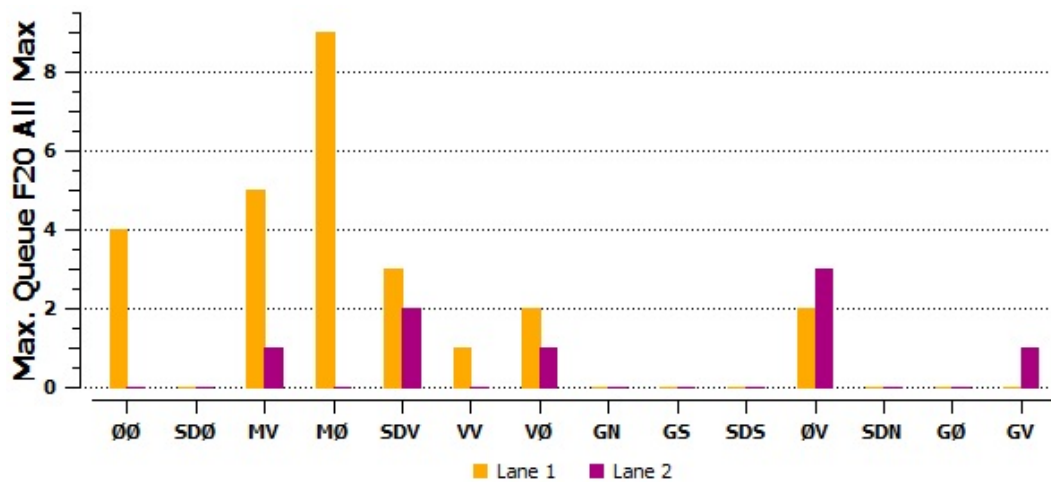
Figur 8.61: K2.2 - Seksjonenes *Level of service* - Morgen etter 20 år



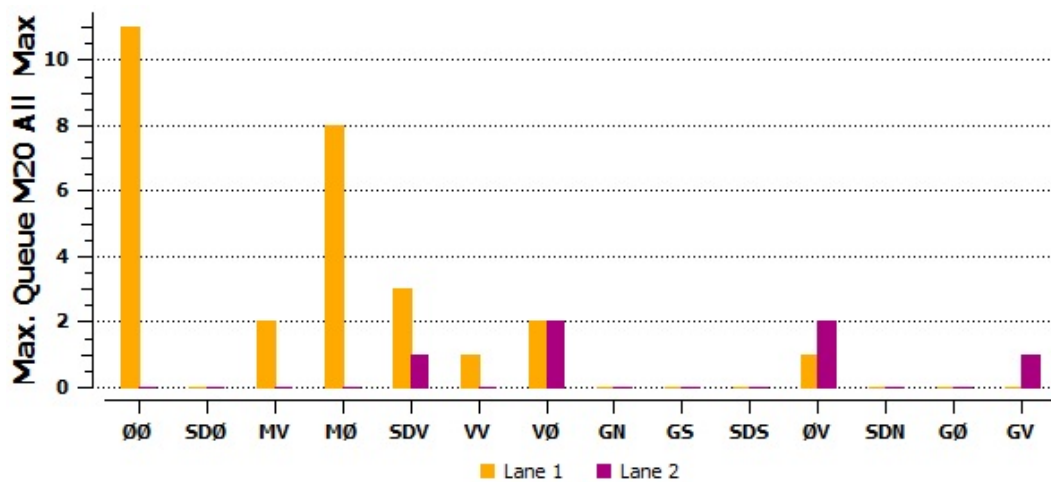
Figur 8.62: K2.2 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år



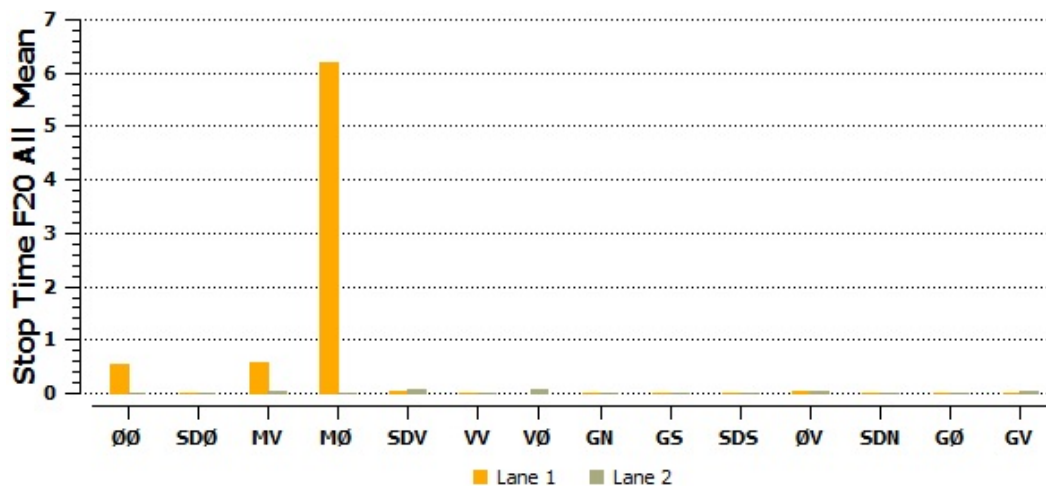
Figur 8.63: K2.2 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år



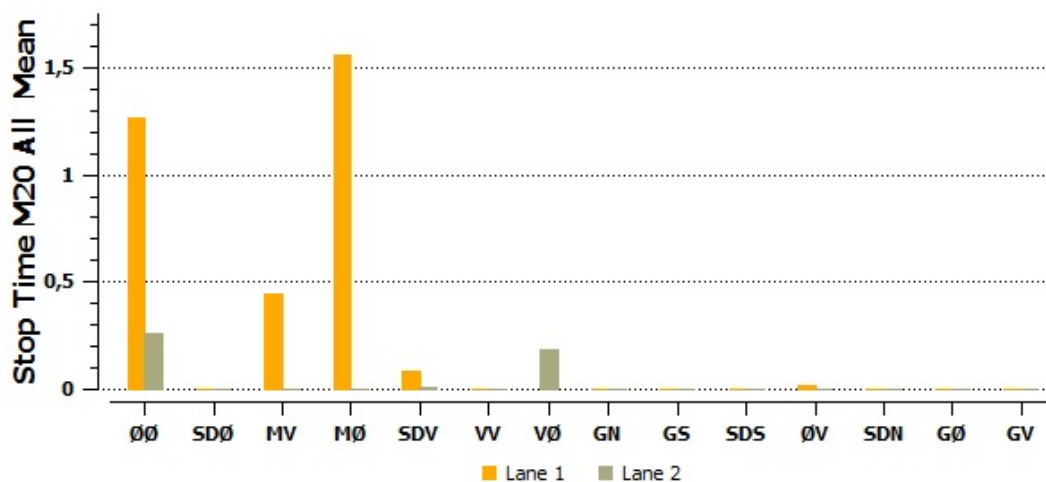
Figur 8.64: K2.2 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år



Figur 8.65: K2.2 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år



Figur 8.66: K2.2 - Stopptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år



Figur 8.67: K2.2 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år

Oppsummerende kommentarer:

- Laveste LOS nivå: 4 - (Morgen: ØØ, MØ)
- Maks Kølengde: 11 kjt - (Formiddag: ØØ)
- Gode trafikkforhold for kollektivtransport

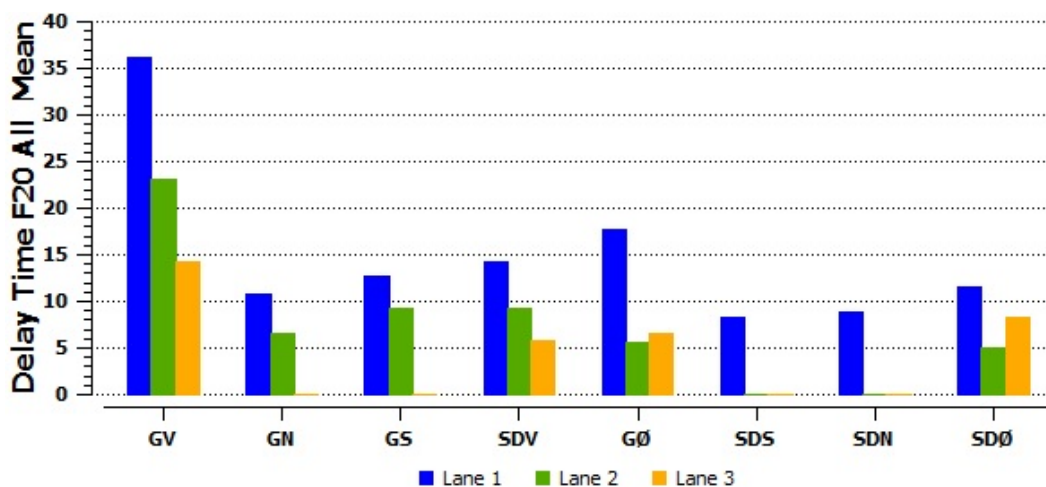
8.4.8 Konsept 3.1 - Vanlig signalregulerte kryss



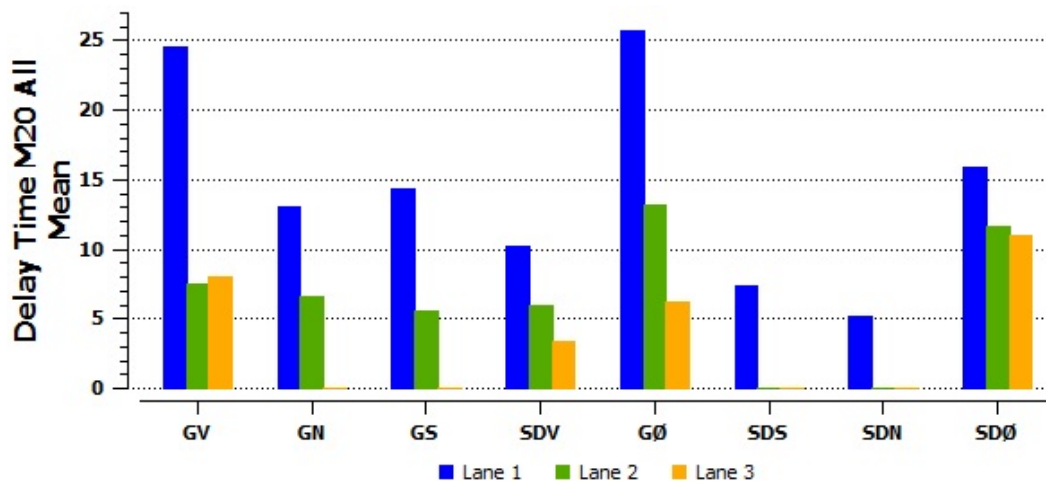
Figur 8.68: K3.1 - Seksjonenes *Level of service* - Formiddag etter 20 år



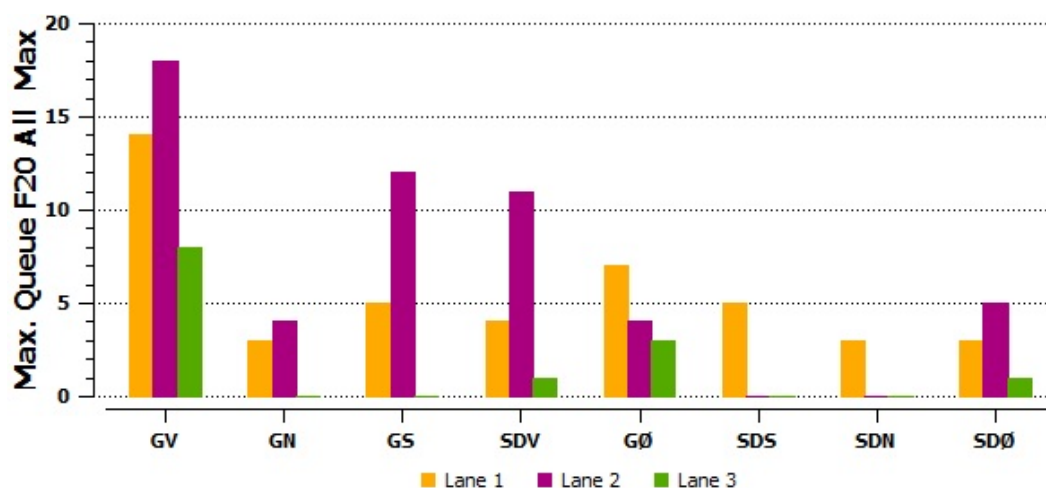
Figur 8.69: K3.1 - Seksjonenes *Level of service* - Morgen etter 20 år



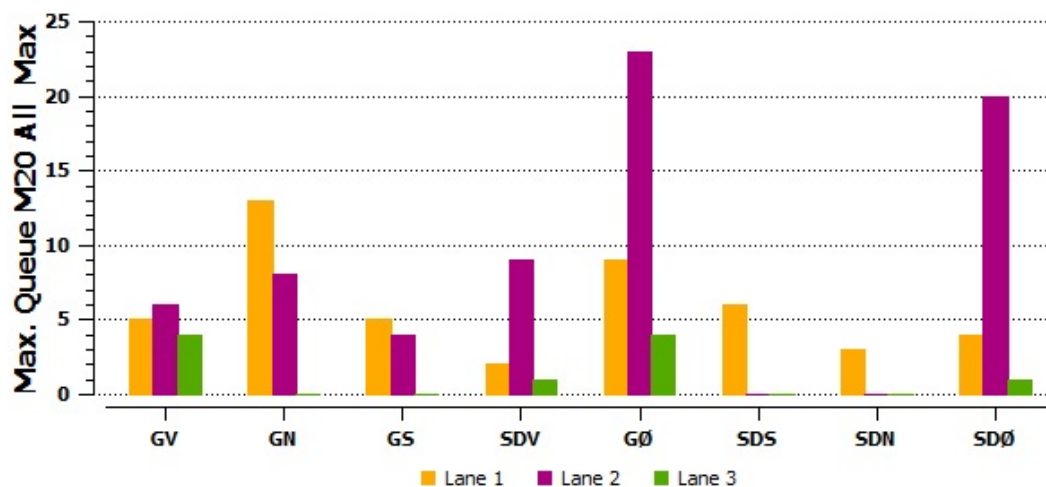
Figur 8.70: K3.1 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år



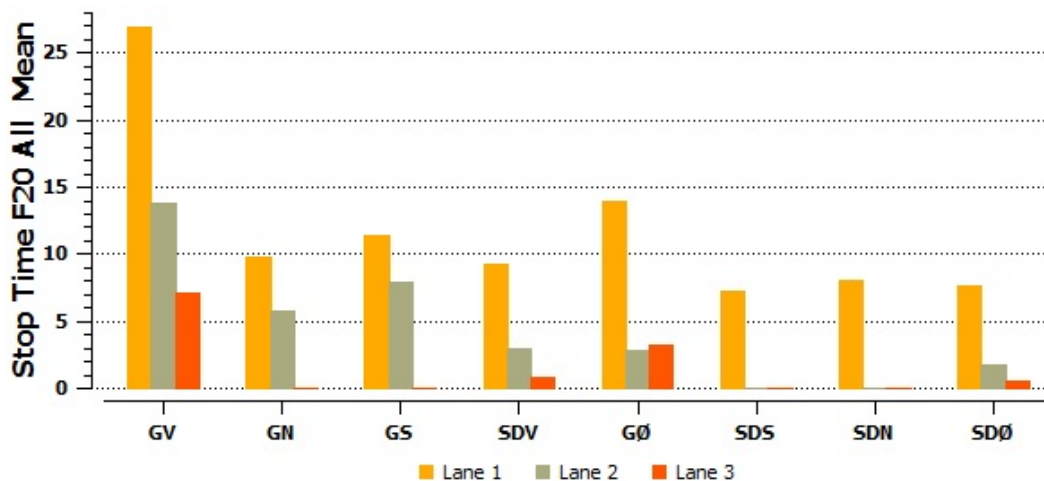
Figur 8.71: K3.1 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år



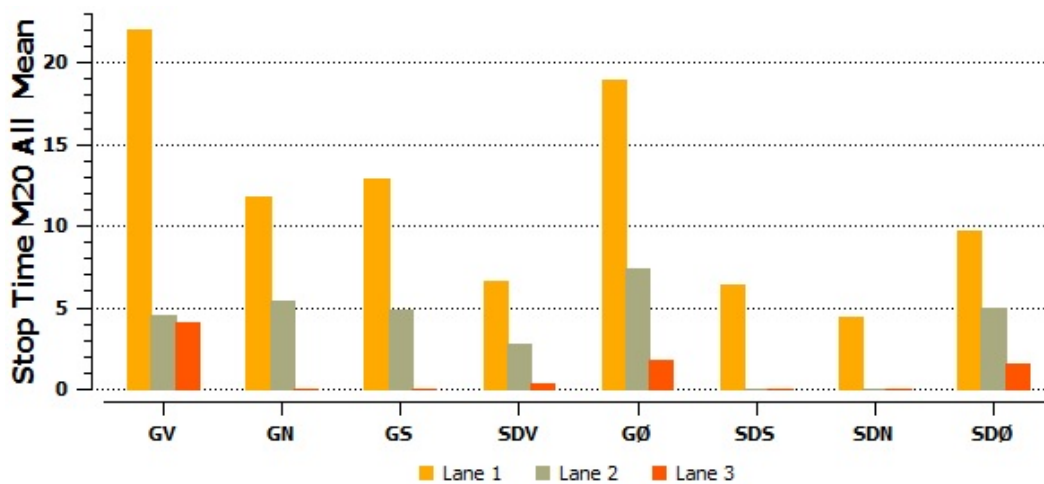
Figur 8.72: K3.1 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år



Figur 8.73: K3.1 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år



Figur 8.74: K3.1 - Stopptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år

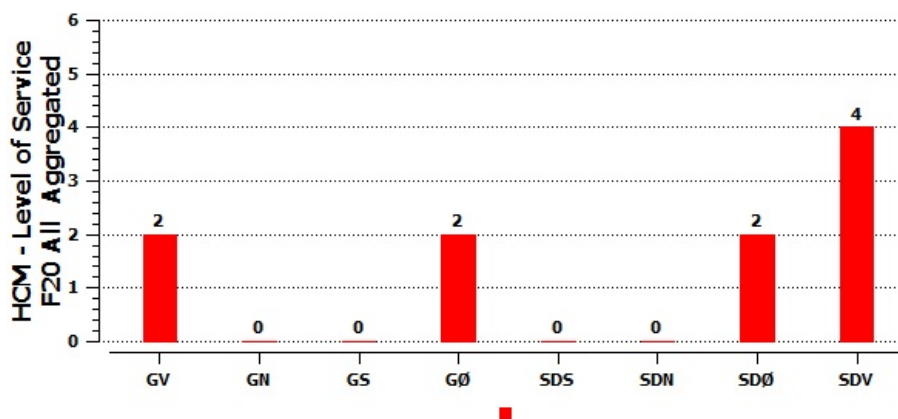
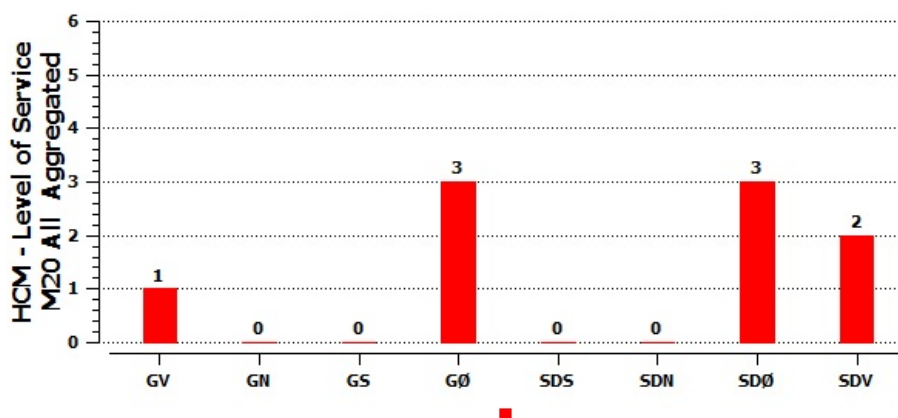
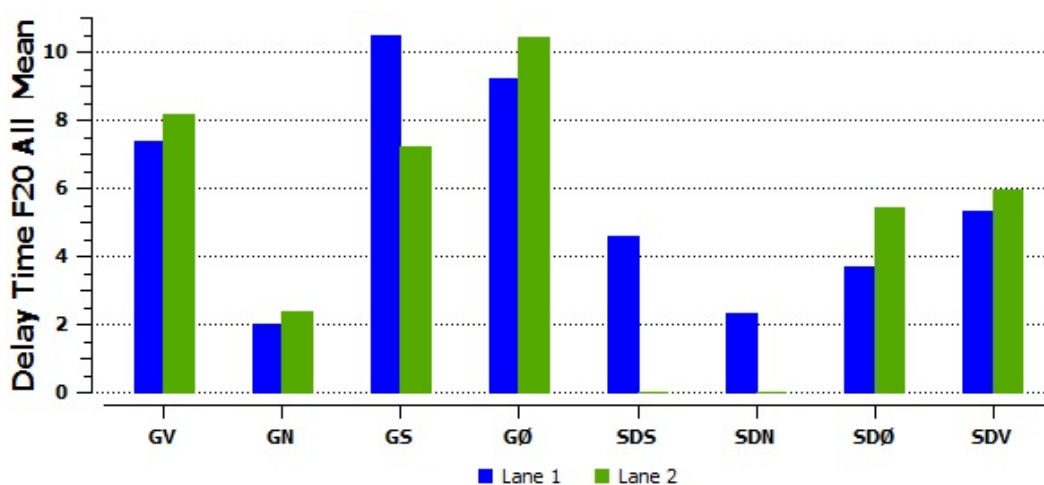


Figur 8.75: K3.1 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år

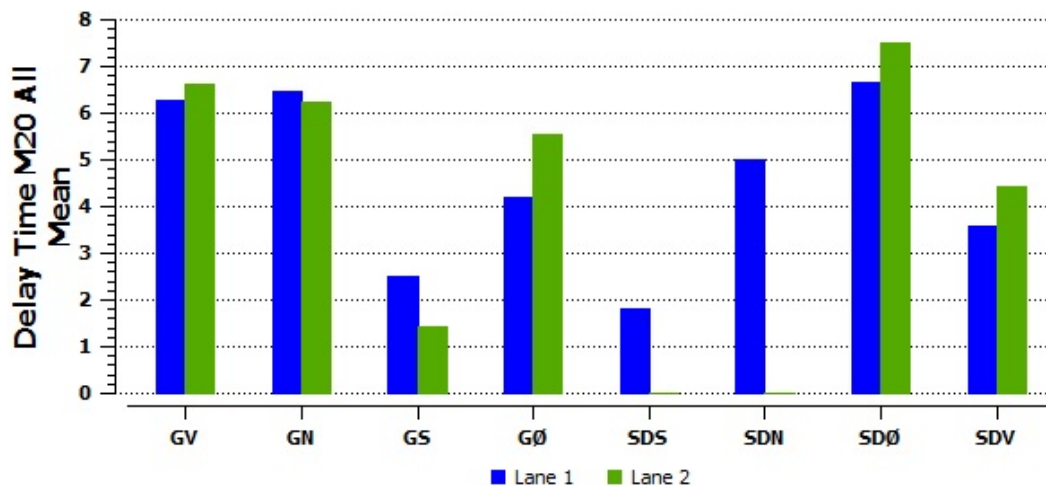
Oppsummerende kommentarer:

- Laveste LOS nivå: 2 - (Morgen: GS)
- Maks Kølengde: 23 kjt - (Morgen: GØ)
- Gode trafikkforhold for kollektivtransport

8.4.9 Konsept 3.2 - Vanlige rundkjøringer

Figur 8.76: K3.2 - Seksjonenes *Level of service* - Formiddag etter 20 årFigur 8.77: K3.2 - Seksjonenes *Level of service* - Morgen etter 20 år

Figur 8.78: K3.2 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år



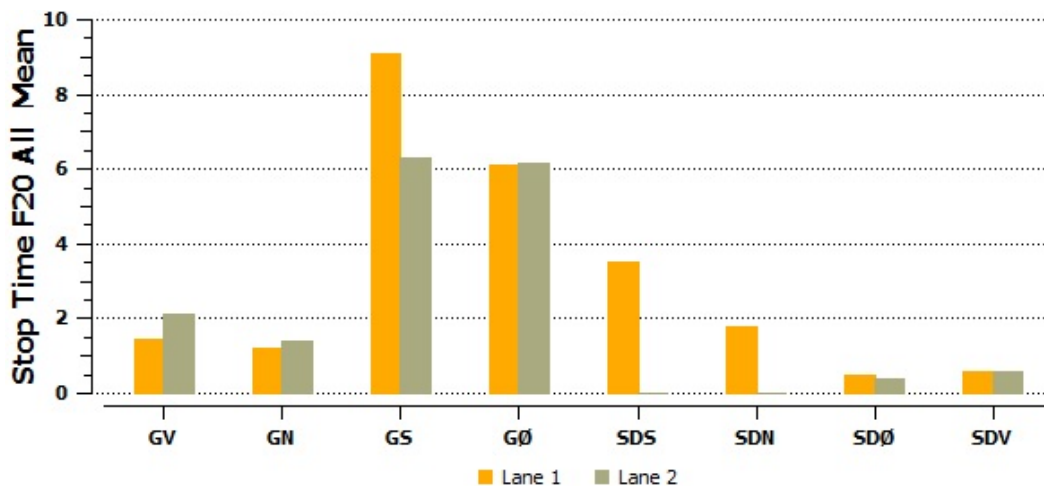
Figur 8.79: K3.2 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år



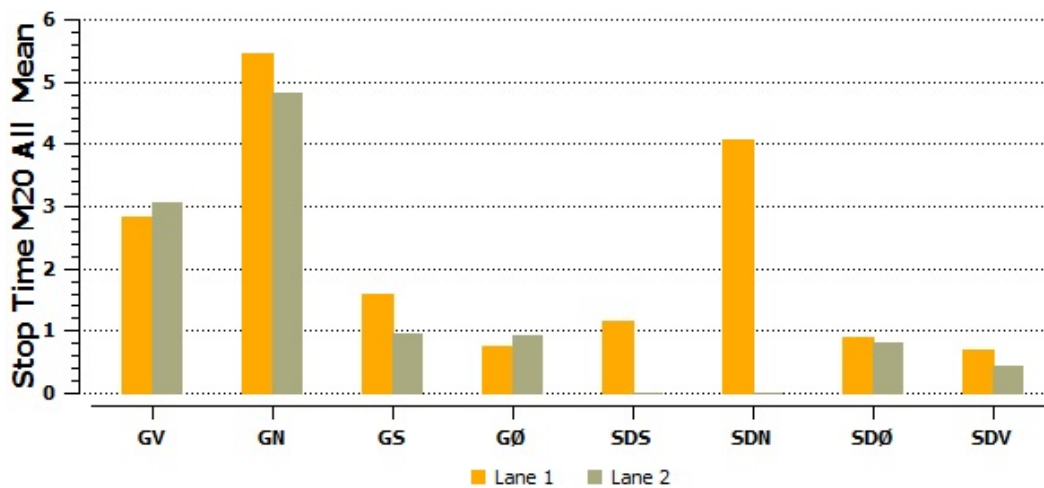
Figur 8.80: K3.2 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år



Figur 8.81: K3.2 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år



Figur 8.82: K3.2 - Stopptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år



Figur 8.83: K3.2 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år

Oppsummerende kommentarer:

- Laveste LOS nivå: 4 - (Formiddag: SDV)
- Maks Kølengde: 6 kjt - (Formiddag: GV, GS, GØ)
- Gode trafikkforhold for kollektivtransport

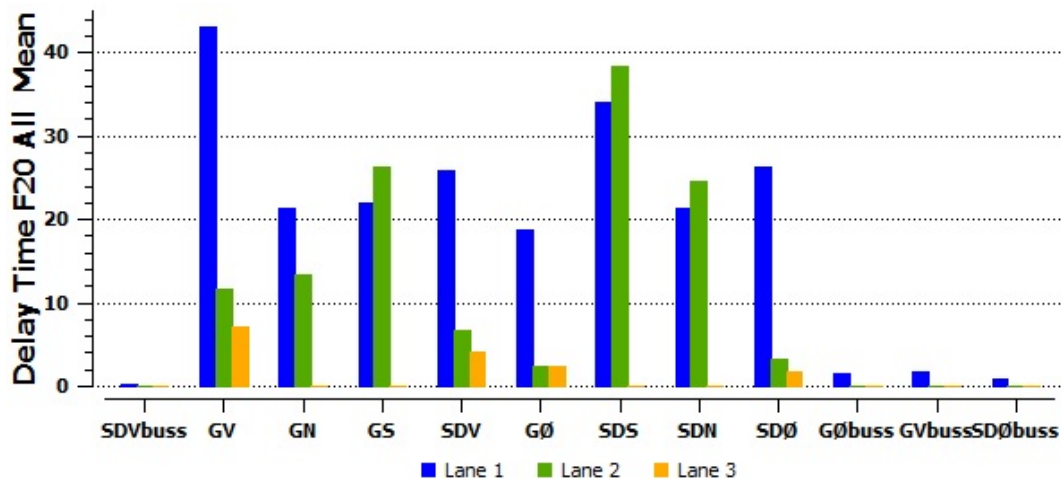
8.4.10 Konsept 4.1 - Signalregulerte kryss med midtstilte kollektivfelt



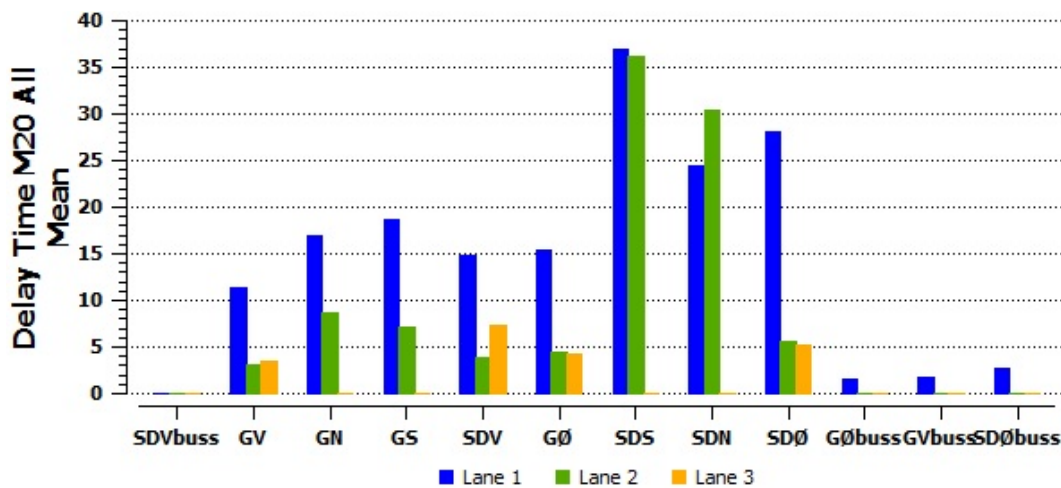
Figur 8.84: K4.1 - Seksjonenes *Level of service* - Formiddag etter 20 år



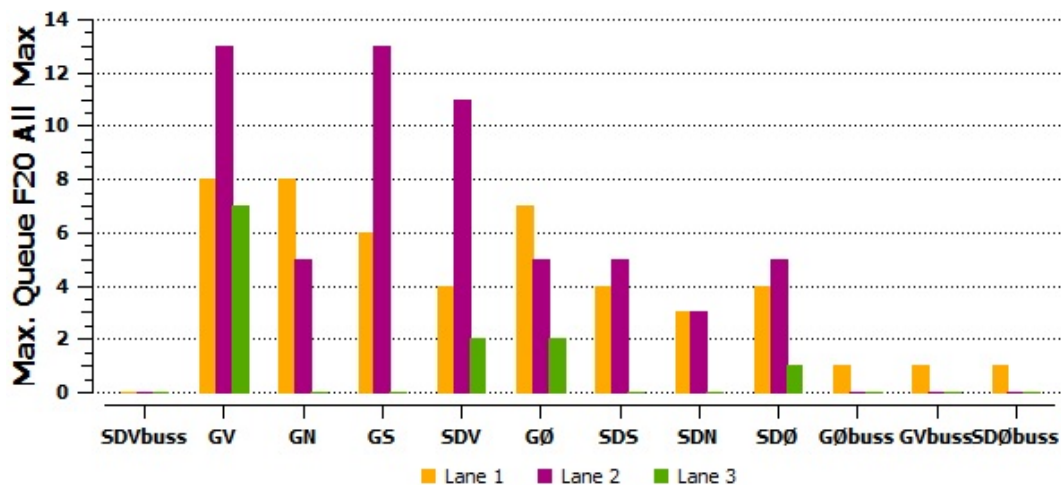
Figur 8.85: K4.1 - Seksjonenes *Level of service* - Morgen etter 20 år



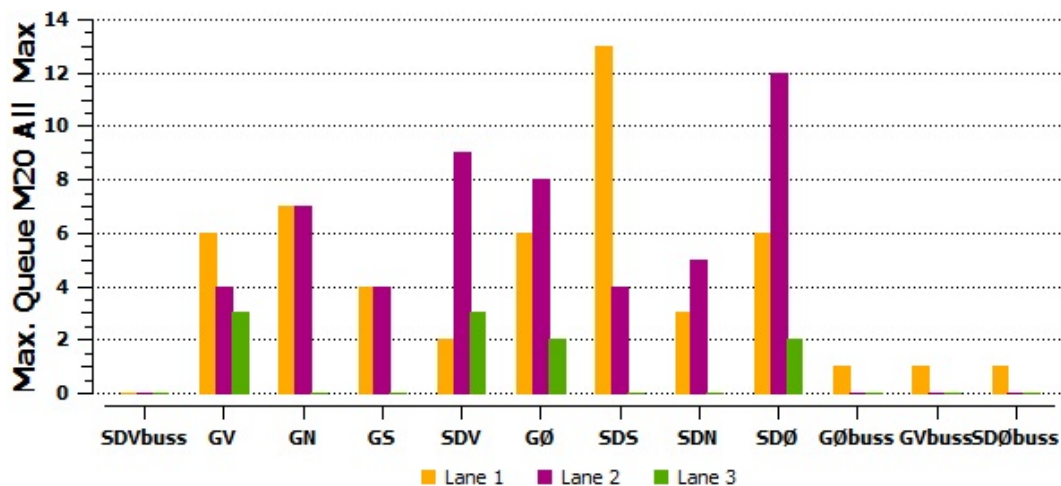
Figur 8.86: K4.1 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år



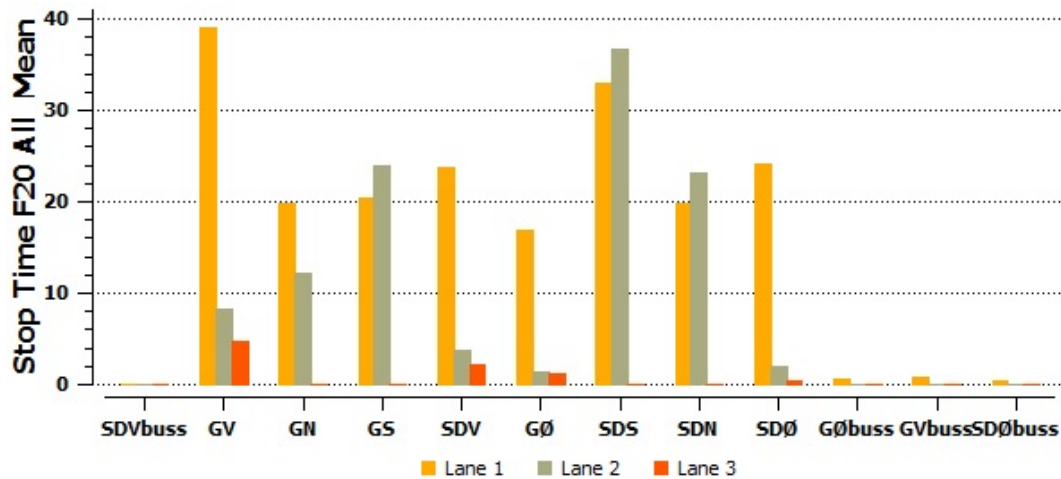
Figur 8.87: K4.1 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år



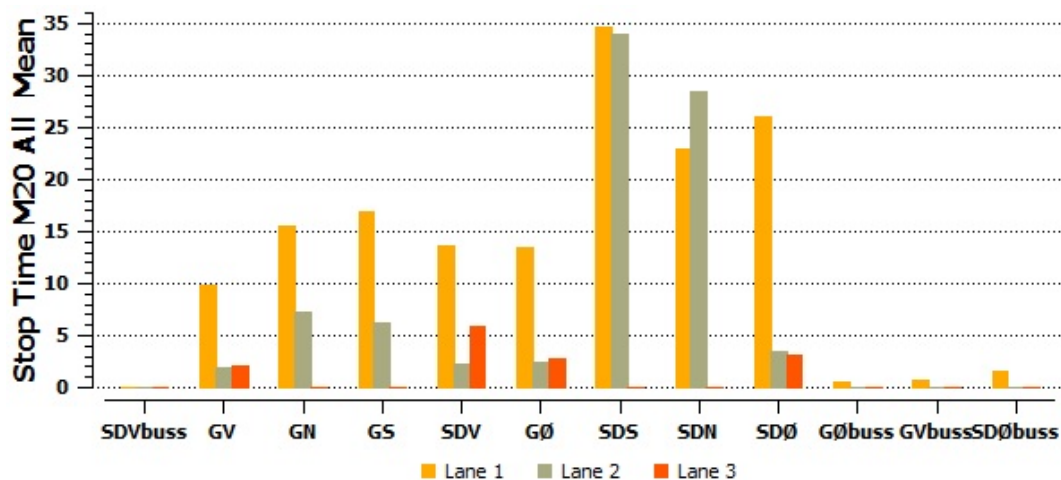
Figur 8.88: K4.1 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år



Figur 8.89: K4.1 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år



Figur 8.90: K4.1 - Stopptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år



Figur 8.91: K4.1 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år

Oppsummerende kommentarer:

- Laveste LOS nivå: 6 - (Formiddag: GS)
- Maks Kølengde: 13 kjt - (Formiddag: GV, GS & Morgen: SDS)
- Gode trafikforhold for kollektivtransport

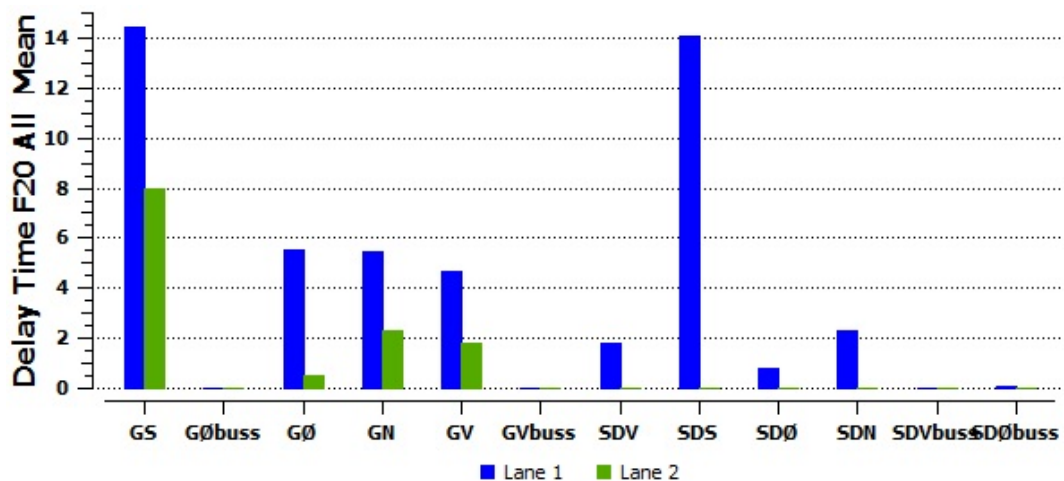
8.4.11 Konsept 4.2 - Signalregulert rundkjøring med midtstilte kollektivfelt gjennom sentraløy



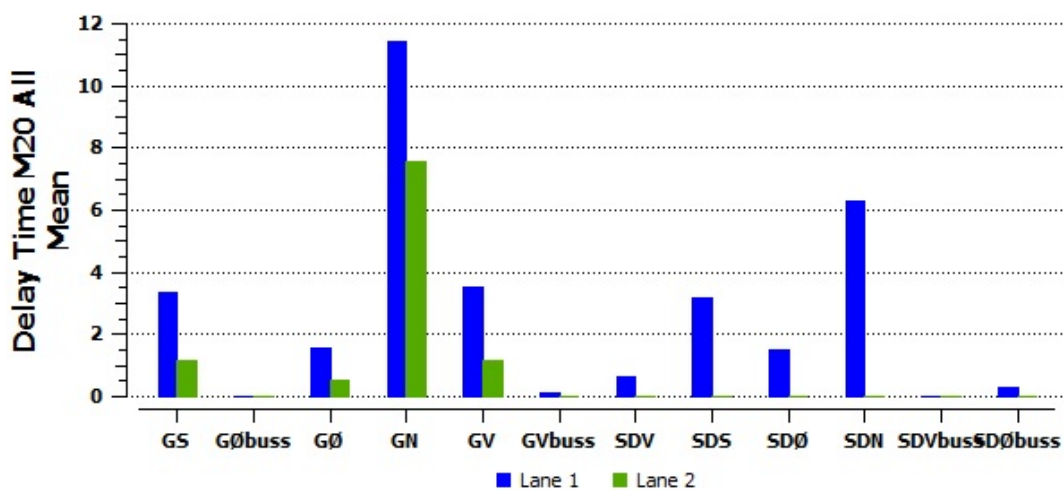
Figur 8.92: K4.2 - Seksjonenes *Level of service* - Formiddag etter 20 år



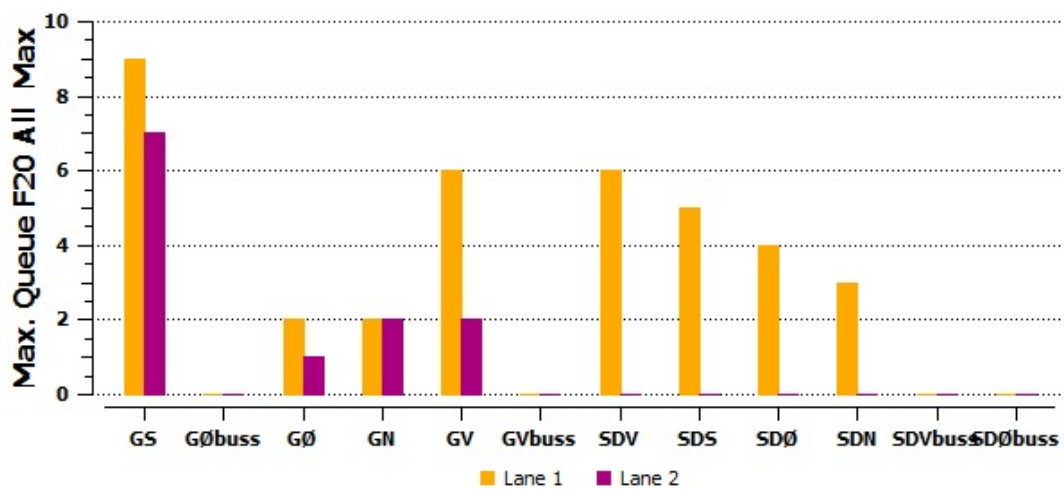
Figur 8.93: K4.2 - Seksjonenes *Level of service* - Morgen etter 20 år



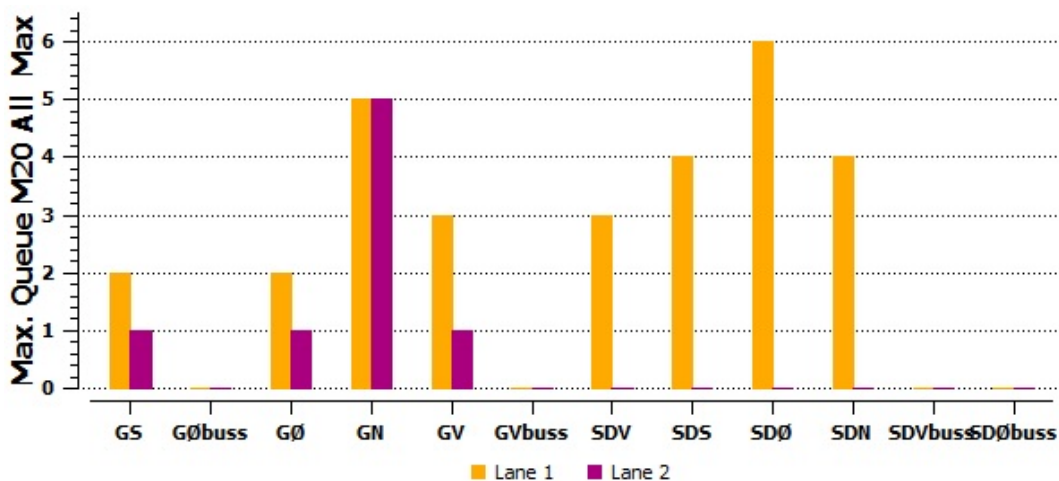
Figur 8.94: K4.2 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år



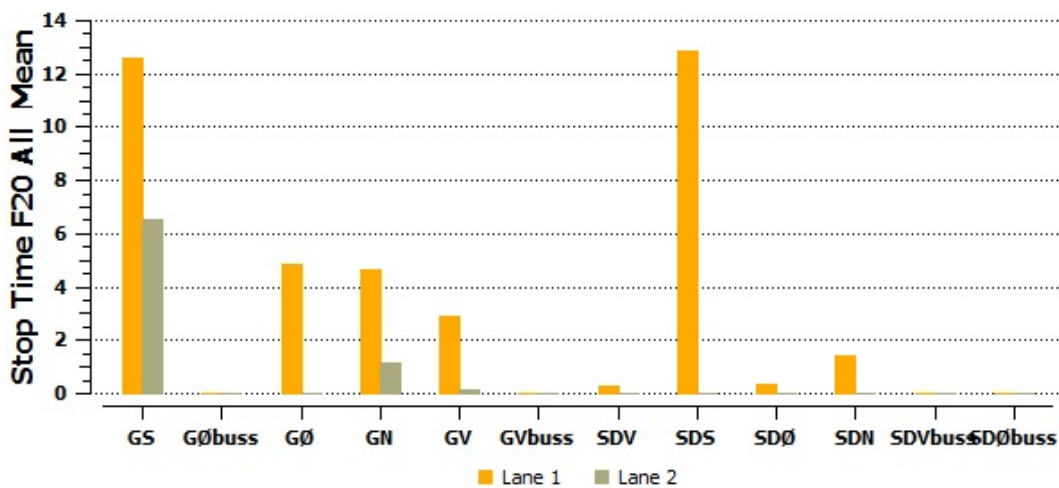
Figur 8.95: K4.2 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år



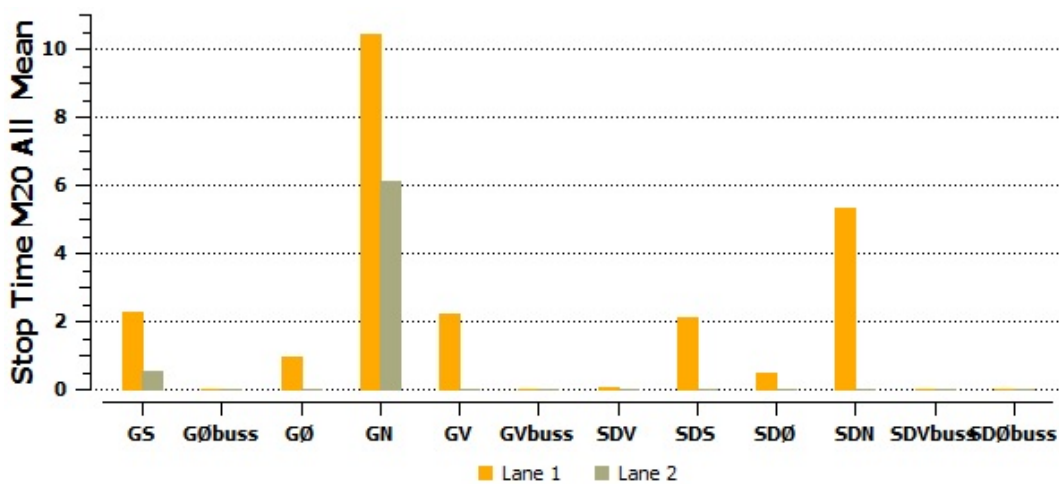
Figur 8.96: K4.2 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år



Figur 8.97: K4.2 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år



Figur 8.98: K4.2 - Stopptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år



Figur 8.99: K4.2 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år

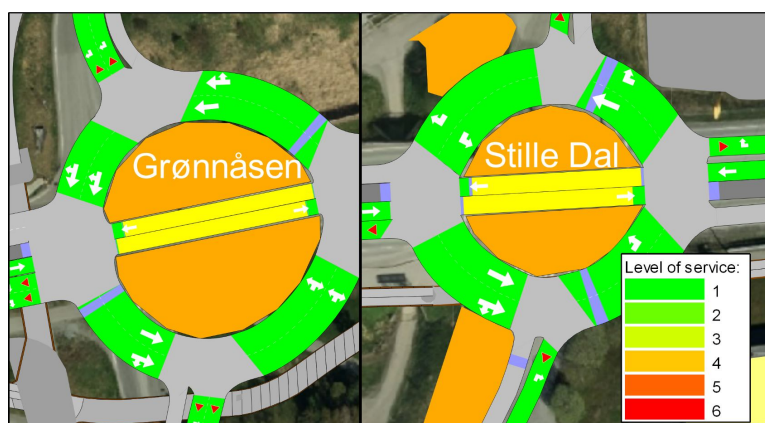
Oppsummerende kommentarer:

- Laveste LOS nivå: 1
- Maks Kølengde: 9 kjt - (Formiddag: GS)
- Gode trafikkforhold for kollektivtransport

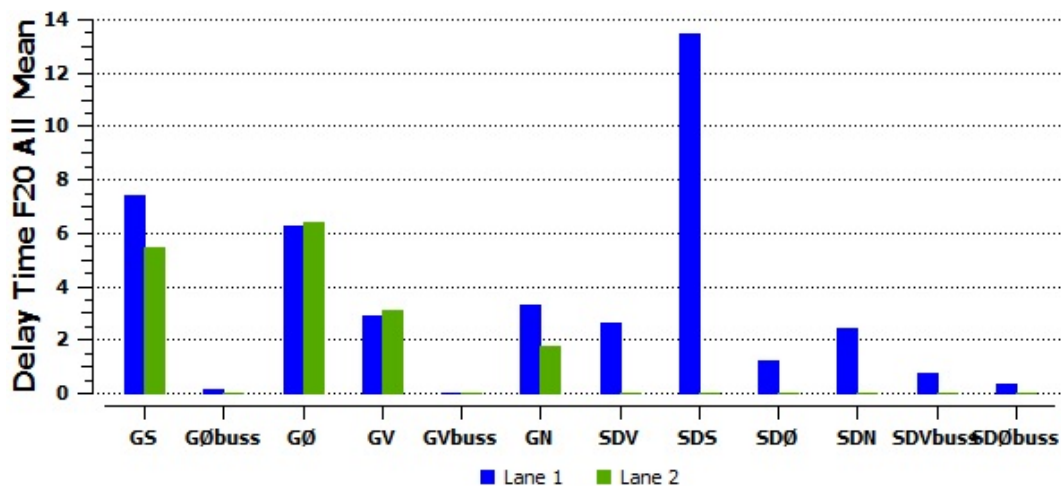
8.4.12 Konsept 4.3.1 - Signalregulert rundkjøring med holdeplass i sentraløy - Uten forenklede fotgjengere



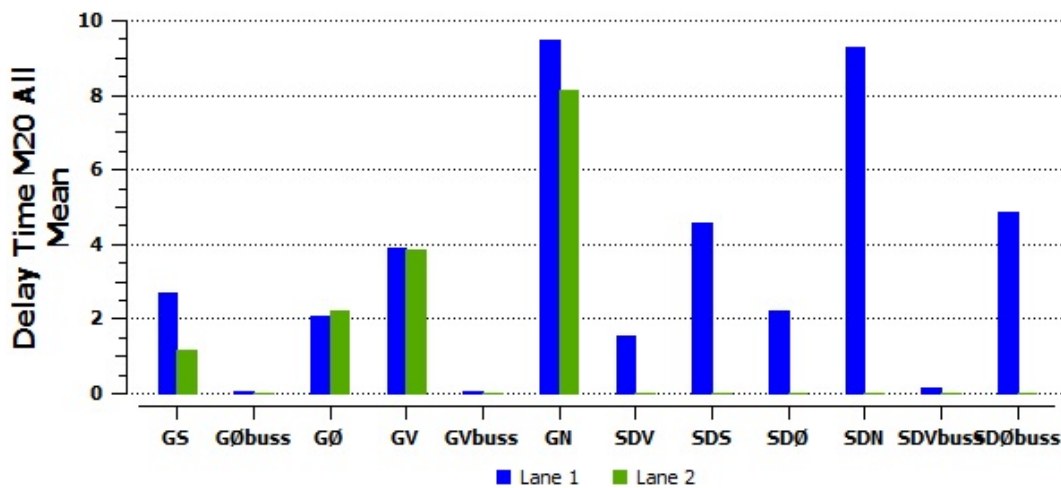
Figur 8.100: K4.3.1 - Seksjonenes *Level of service* - Formiddag etter 20 år



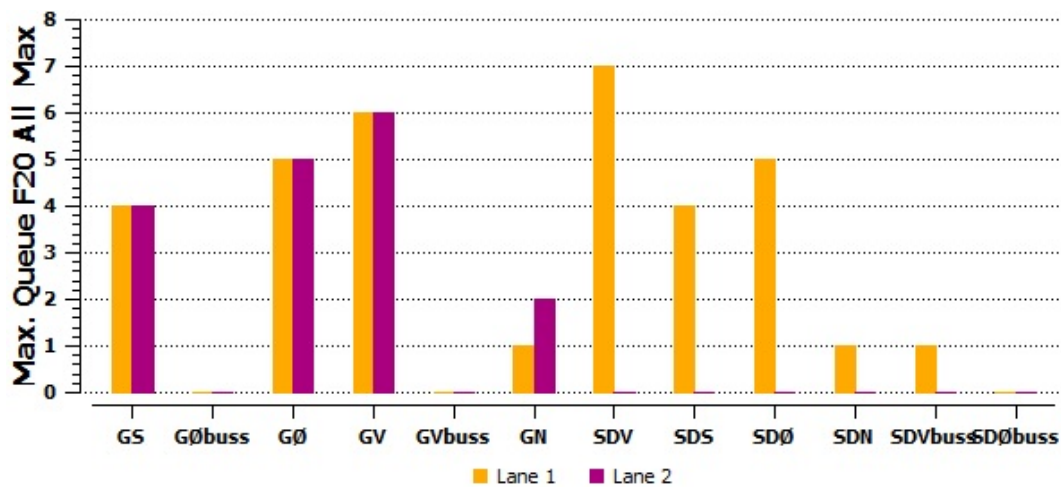
Figur 8.101: K4.3.1 - Seksjonenes *Level of service* - Morgen etter 20 år



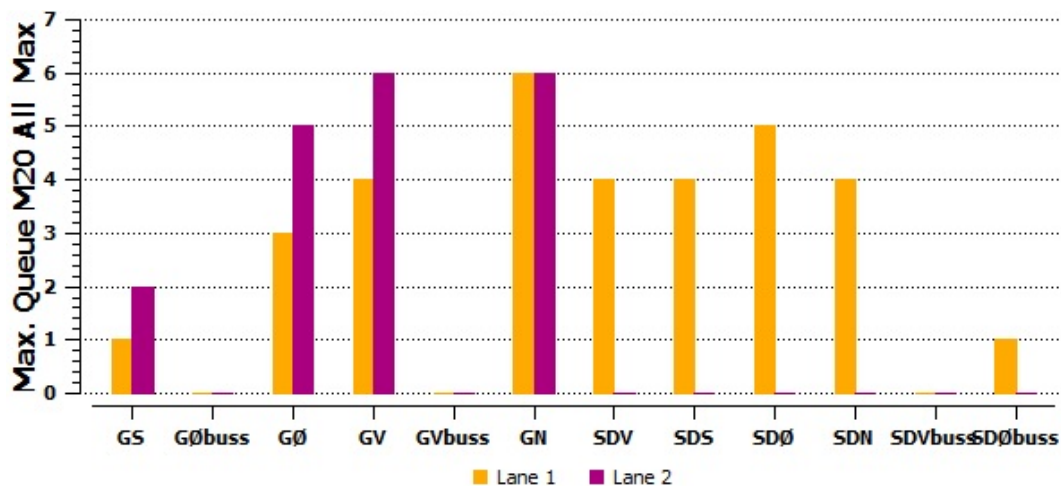
Figur 8.102: K4.3.1 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år



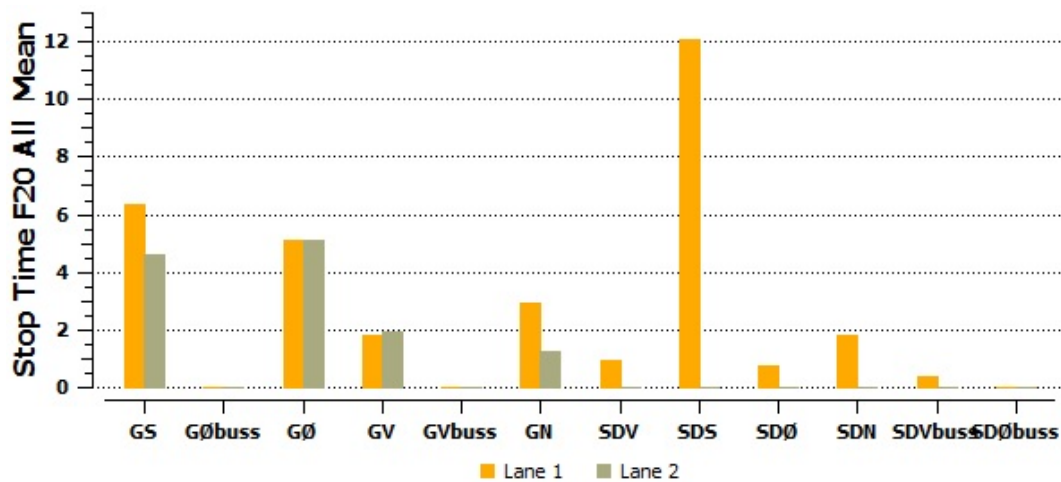
Figur 8.103: K4.3.1 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år



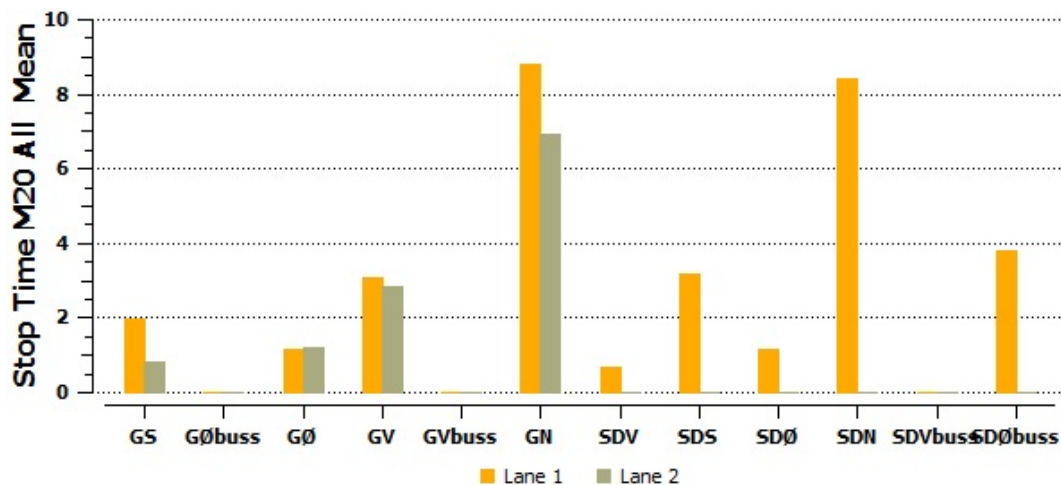
Figur 8.104: K4.3.1 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år



Figur 8.105: K4.3.1 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år



Figur 8.106: K4.3.1 - Stopptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år



Figur 8.107: K4.3.1 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år

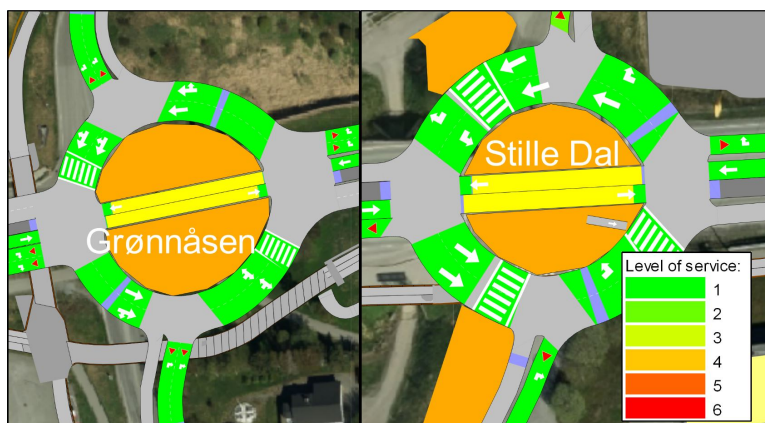
Oppsummerende kommentarer:

- Laveste LOS nivå: 2 - (Formiddag: SDS)
- Maks Kølengde: 7 kjt - (Formiddag: SDV)
- Gode trafikforhold for kollektivtransport

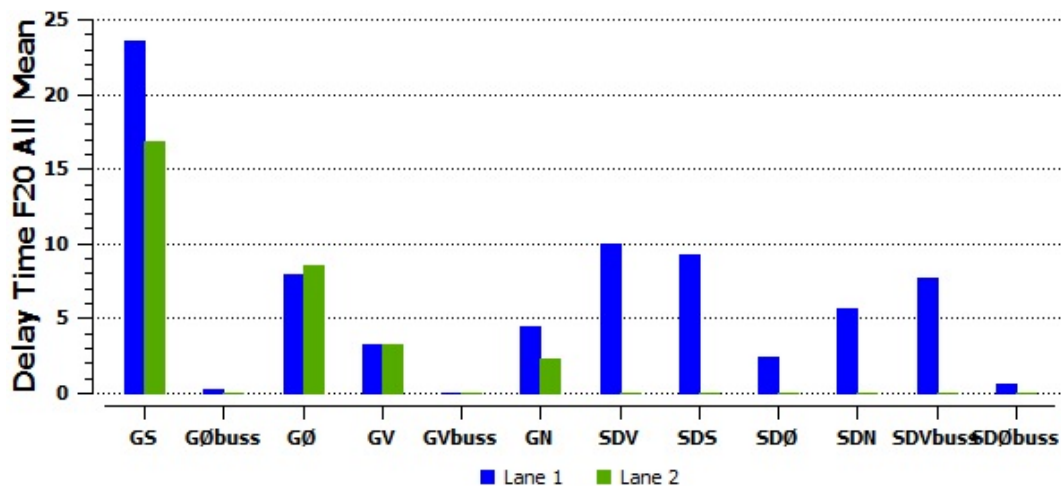
8.4.13 Konsept 4.3.2 - Signalregulert rundkjøring med holdeplass i sentraløy - Med forenklede fotgjengere



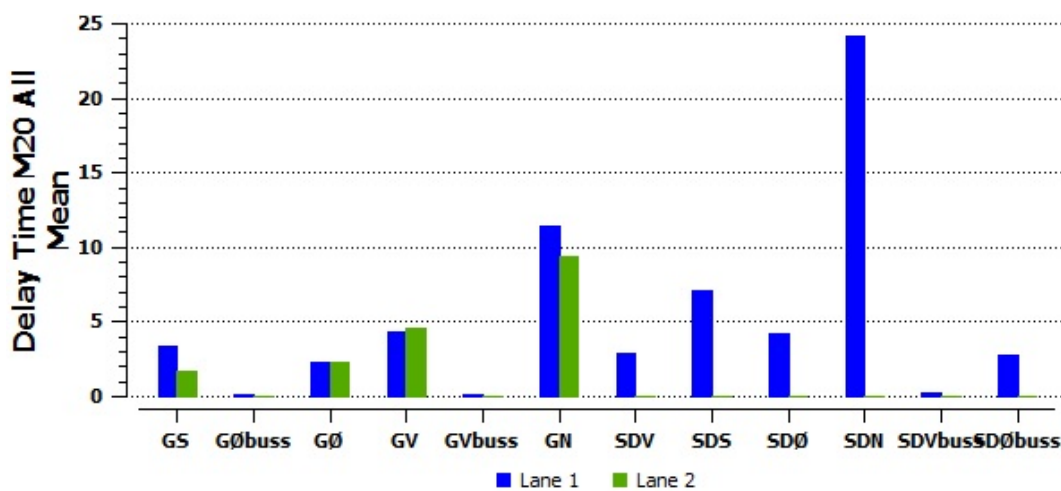
Figur 8.108: K4.3.2 - Seksjonenes *Level of service* - Formiddag etter 20 år



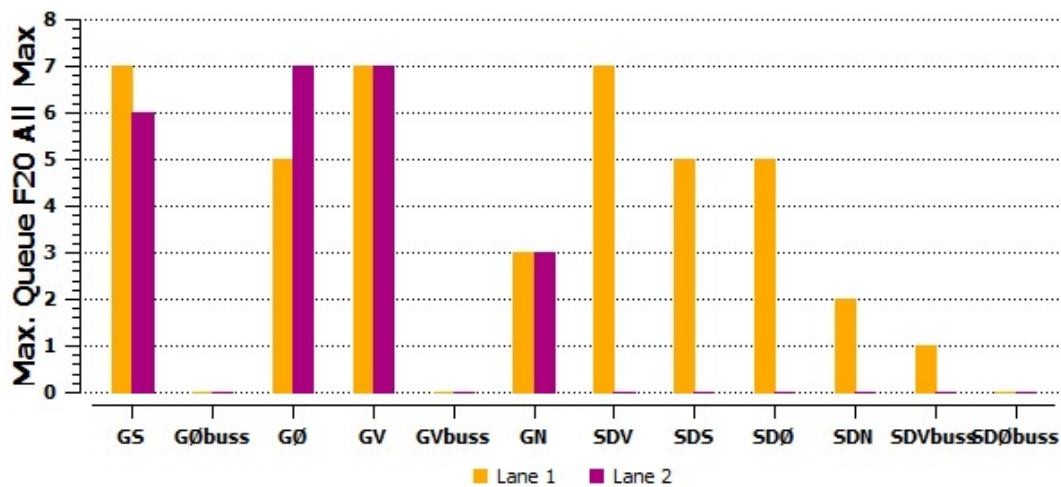
Figur 8.109: K4.3.2 - Seksjonenes *Level of service* - Morgen etter 20 år



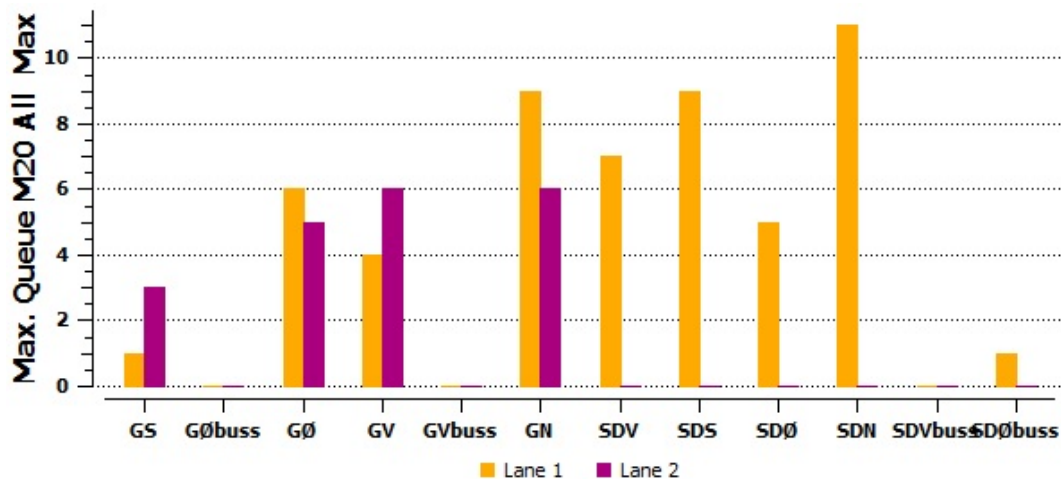
Figur 8.110: K4.3.2 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år



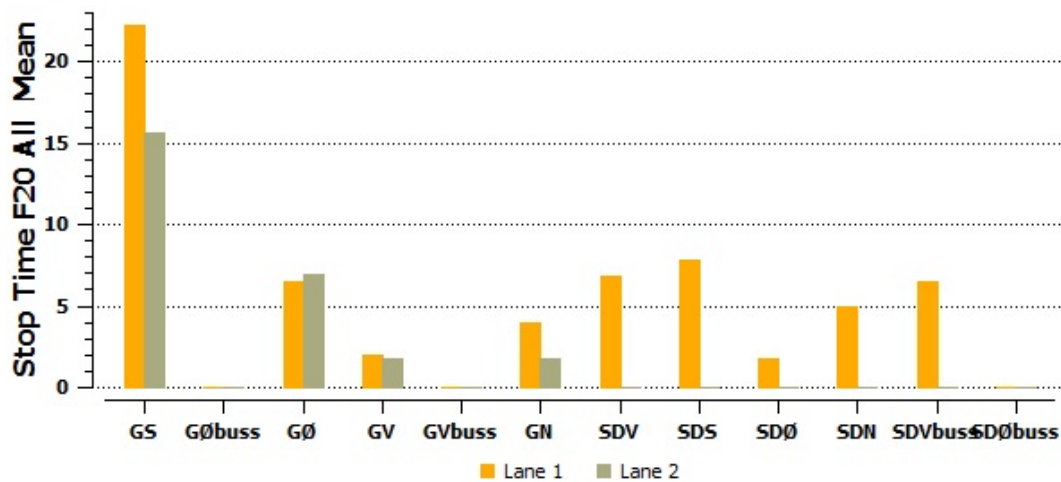
Figur 8.111: K4.3.2 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år



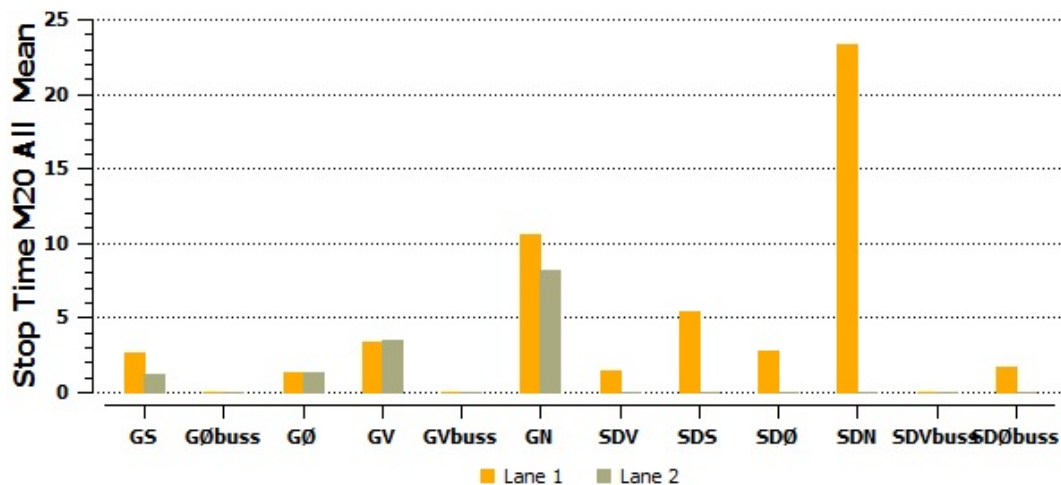
Figur 8.112: K4.3.2 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år



Figur 8.113: K4.3.2 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år



Figur 8.114: K4.3.2 - Stopptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år



Figur 8.115: K4.3.2 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år

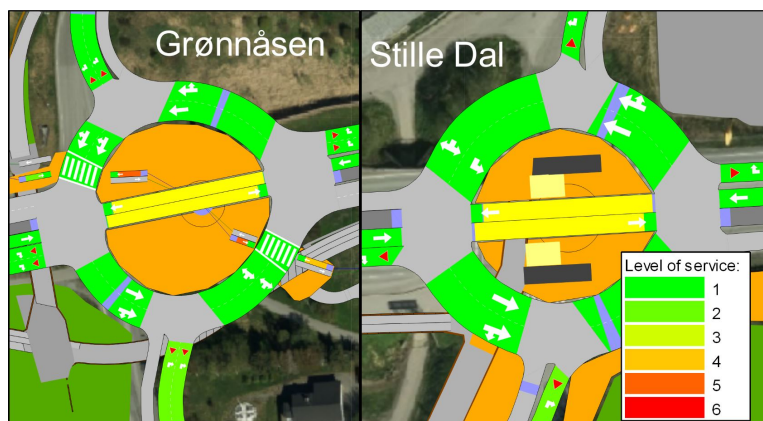


Figur 8.116: Konsept 4.3.2 - Kødannelse mellom Grønnåsen- og Stille Dal krysset

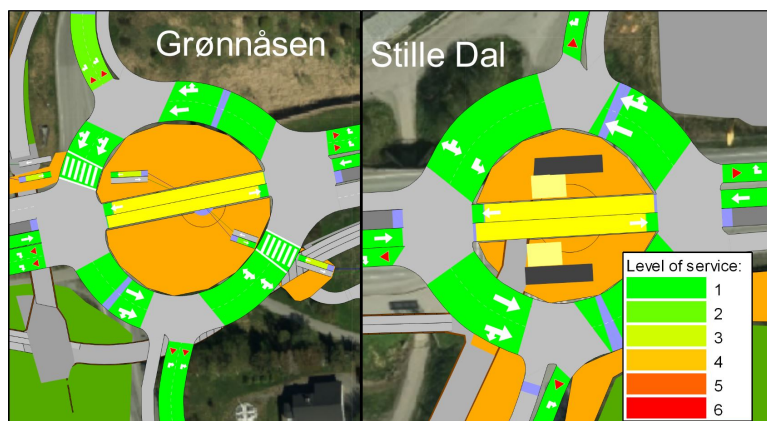
Oppsummerende kommentarer:

- Laveste LOS nivå: 3 - (Formiddag: GS)
- Maks Kølengde: 11 kjt - (Formiddag: SDN)
- Gode trafikforhold for kollektivtransport

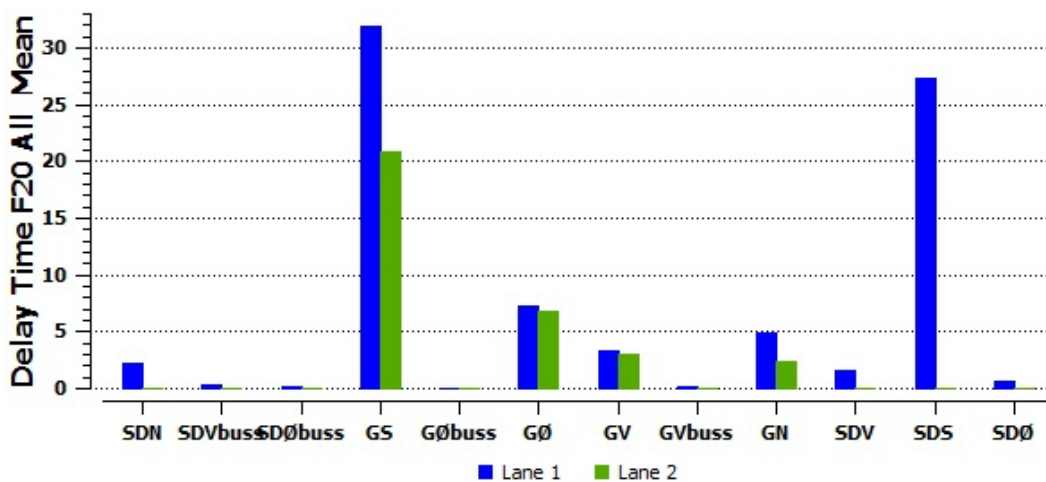
8.4.14 Konsept 4.3.3 - Signalregulert rundkjøring med holdeplass i sentraløy - Med forenklede fotgjengere i Grønnåsenkrysset og planskilt løsning i Stille Dal krysset



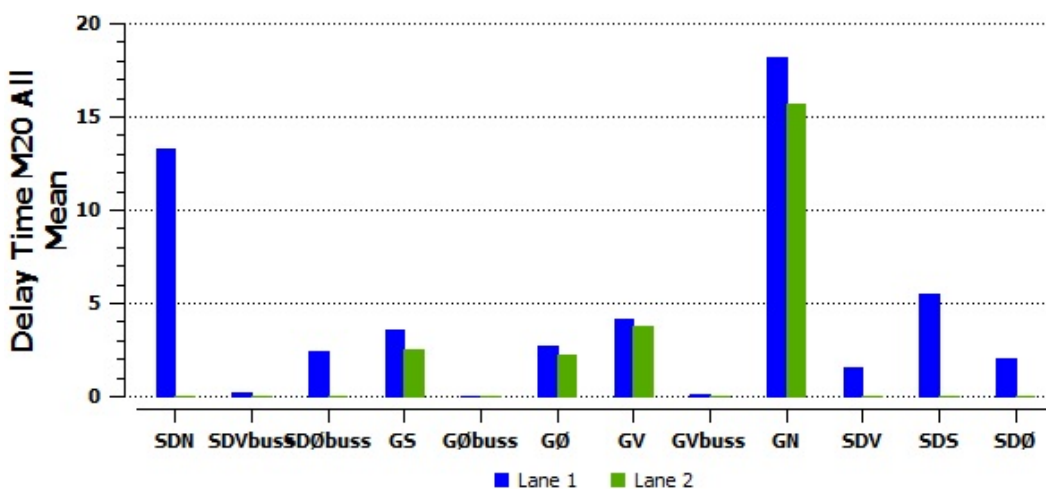
Figur 8.117: K4.3.3 - Seksjonenes *Level of service* - Formiddag etter 20 år



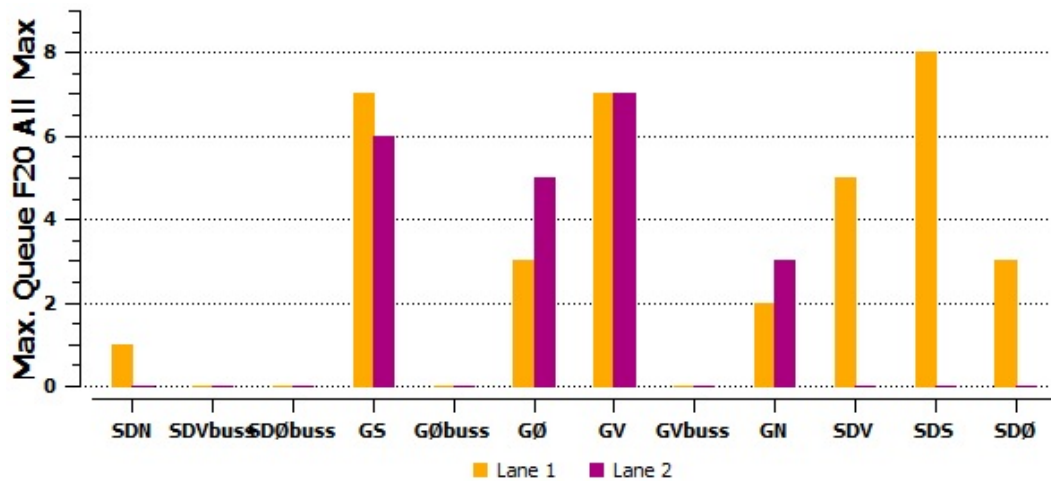
Figur 8.118: K4.3.3 - Seksjonenes *Level of service* - Morgen etter 20 år



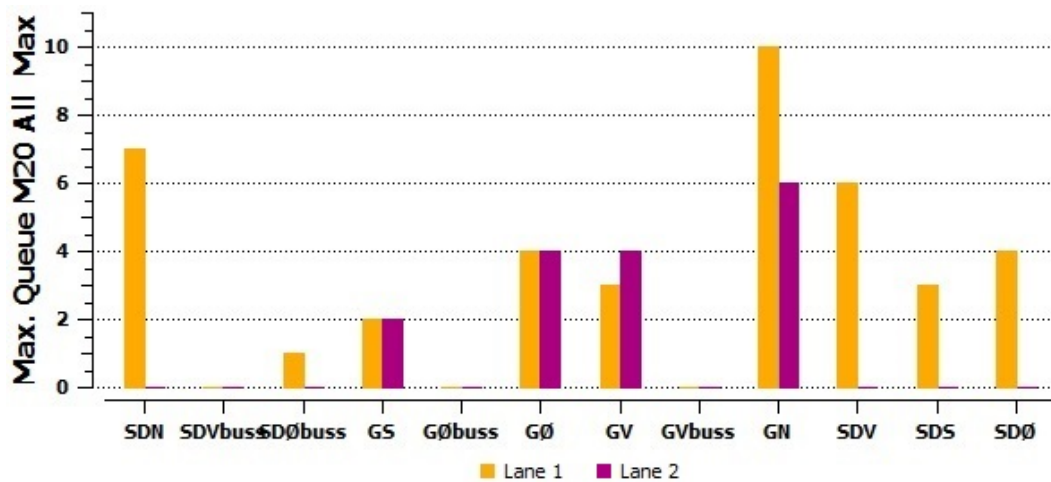
Figur 8.119: K4.3.3 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år



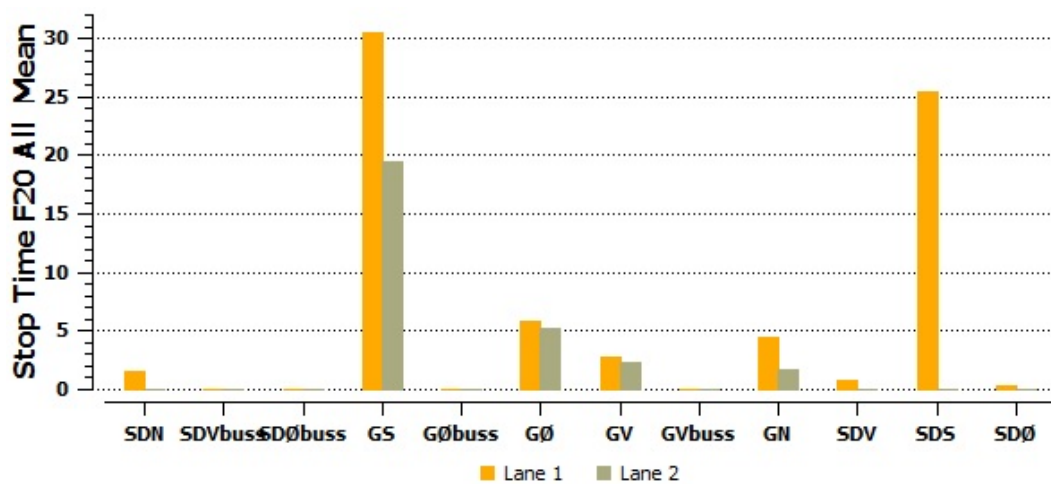
Figur 8.120: K4.3.3 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år



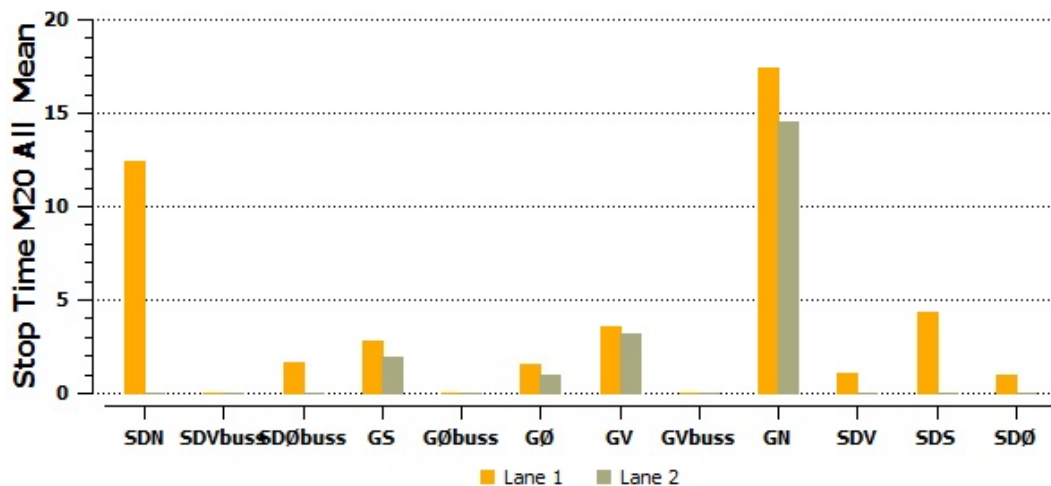
Figur 8.121: K4.3.3 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år



Figur 8.122: K4.3.3 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år



Figur 8.123: K4.3.3 - Stopptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år



Figur 8.124: K4.3.3 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år

Oppsummerende kommentarer:

- Laveste LOS nivå: 2 - (Formiddag: GS, SDS & Morgen: GN)
- Maks Kølengde: 7 kjt - (Formiddag: SDV)
- Gode trafikforhold for kollektivtransport

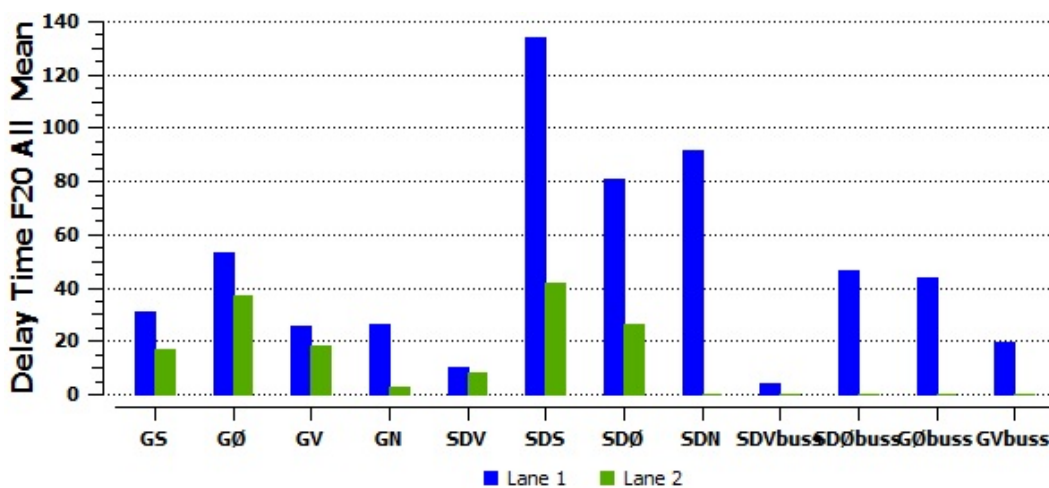
8.4.15 Konsept 5.1 - Kollektivprioritering i venstre svingefelt



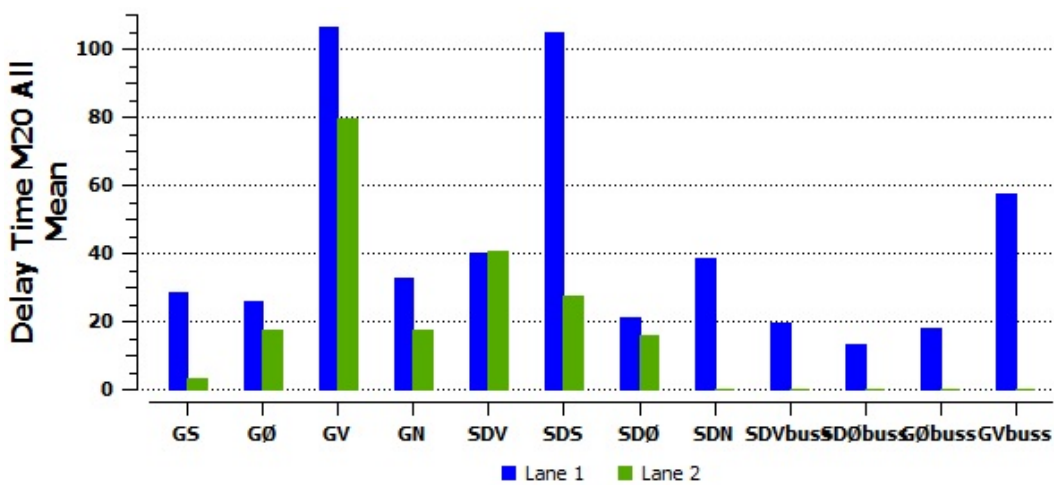
Figur 8.125: K5.1 - Seksjonenes *Level of service* - Formiddag etter 20 år



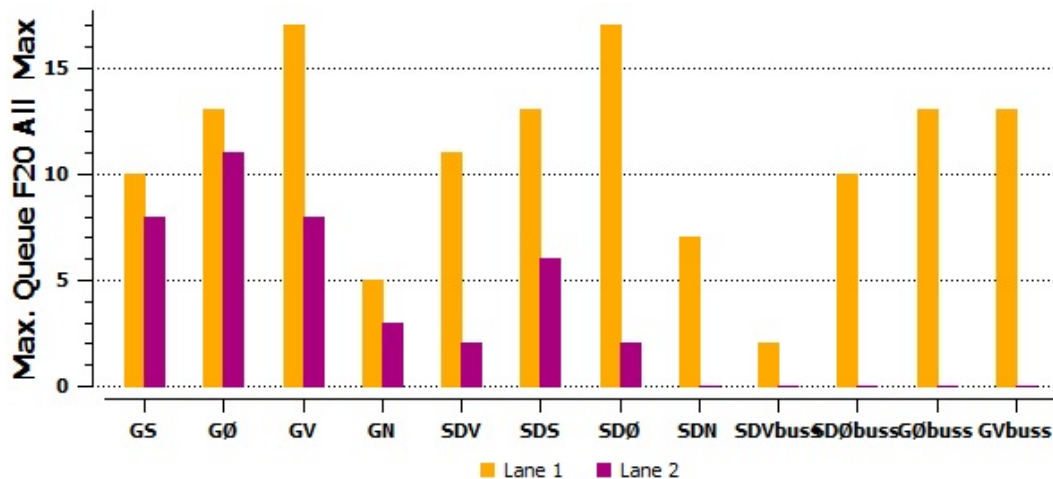
Figur 8.126: K5.1 - Seksjonenes *Level of service* - Morgen etter 20 år



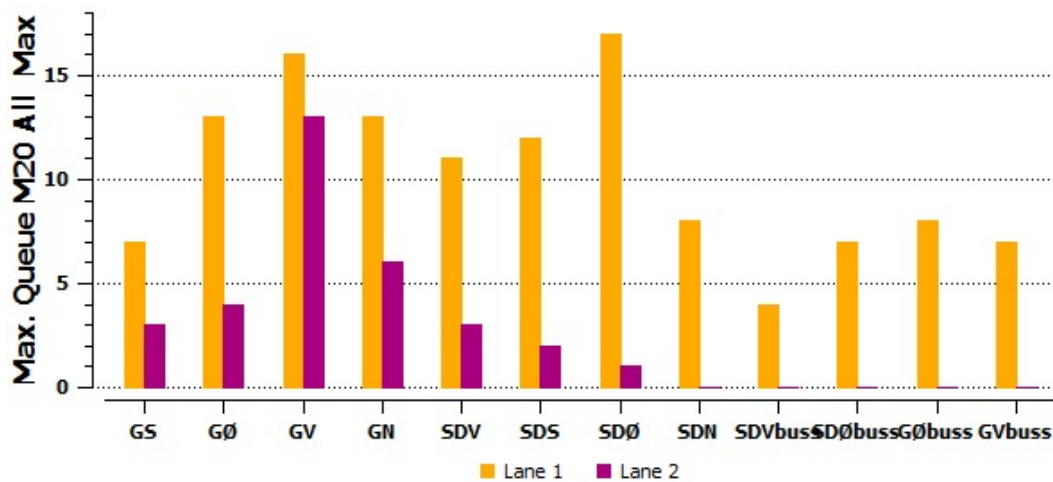
Figur 8.127: K5.1 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år



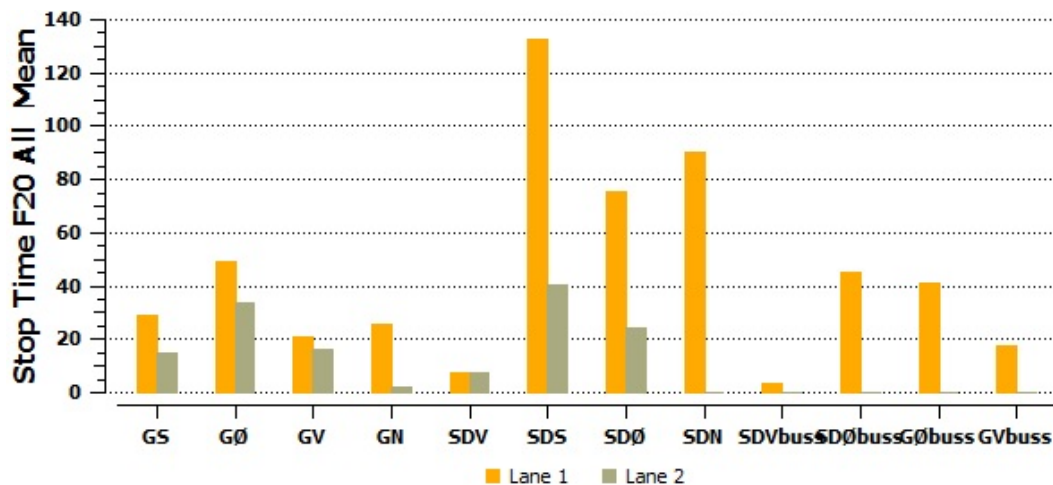
Figur 8.128: K5.1 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år



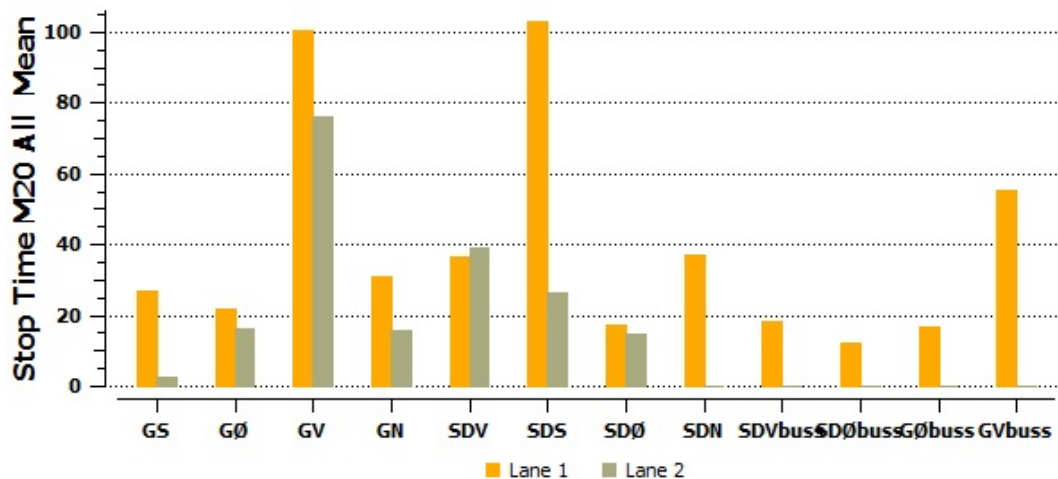
Figur 8.129: K5.1 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år



Figur 8.130: K5.1 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år



Figur 8.131: K5.1 - Stopptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år



Figur 8.132: K5.1 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år

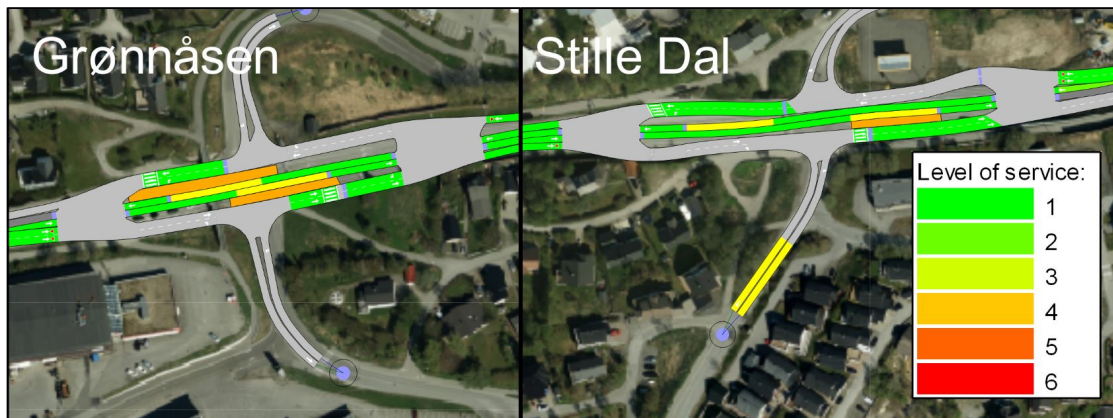
Oppsummerende kommentarer:

- Laveste LOS nivå: 6 - (Formiddag: GV, SDS & Morgen: GV, SDS)
- Maks Kølengde: 17 kjt - (Formiddag: GV, SDØ & Morgen: SDØ)
- Dårlige trafikkforhold for kollektivtransport

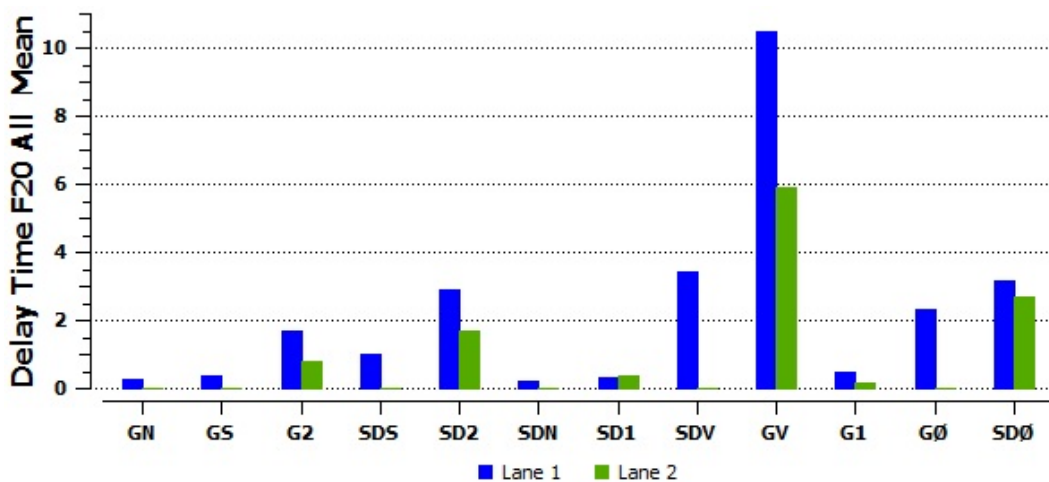
8.4.16 Konsept 5.2.1 - Signalregulert Avlang rundkjøring med midtstilt toveis kollektivfelt - Vanlig rundkjøringsregulering av vikepliktighet



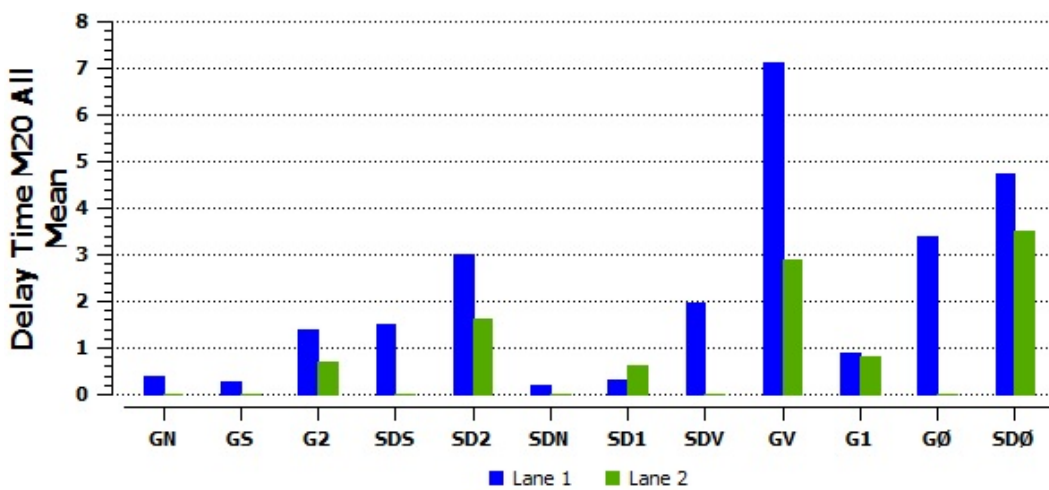
Figur 8.133: K5.2.1 - Seksjonenes *Level of service* - Formiddag etter 20 år



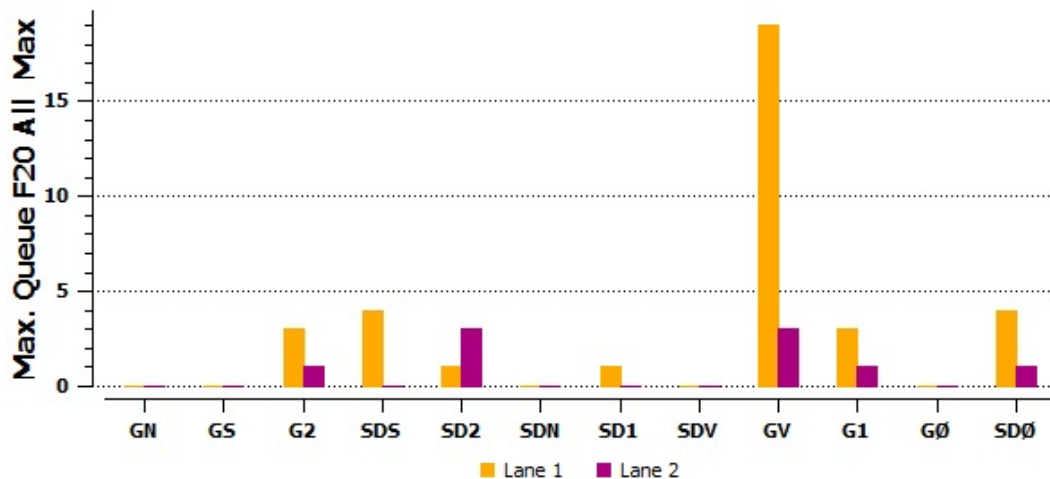
Figur 8.134: K5.2.1 - Seksjonenes *Level of service* - Morgen etter 20 år



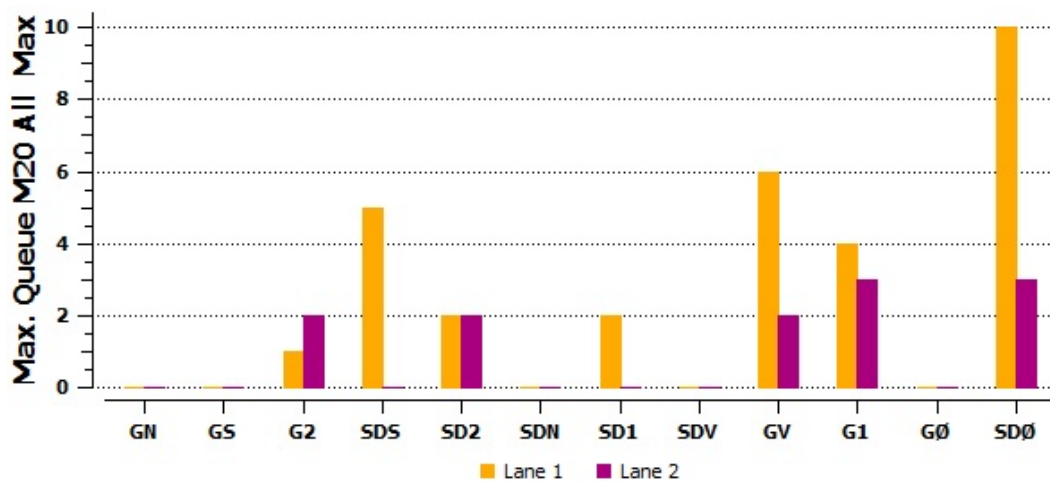
Figur 8.135: K5.2.1 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år



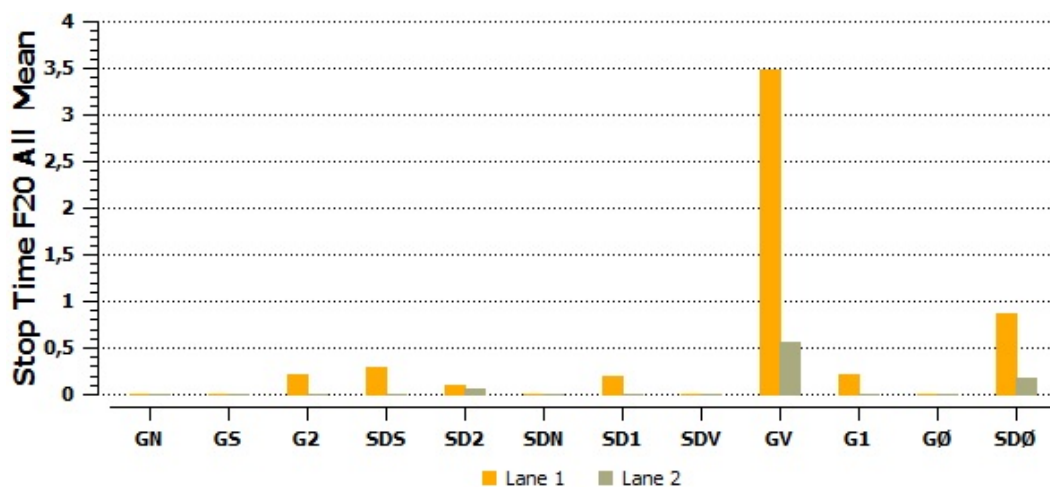
Figur 8.136: K5.2.1 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år



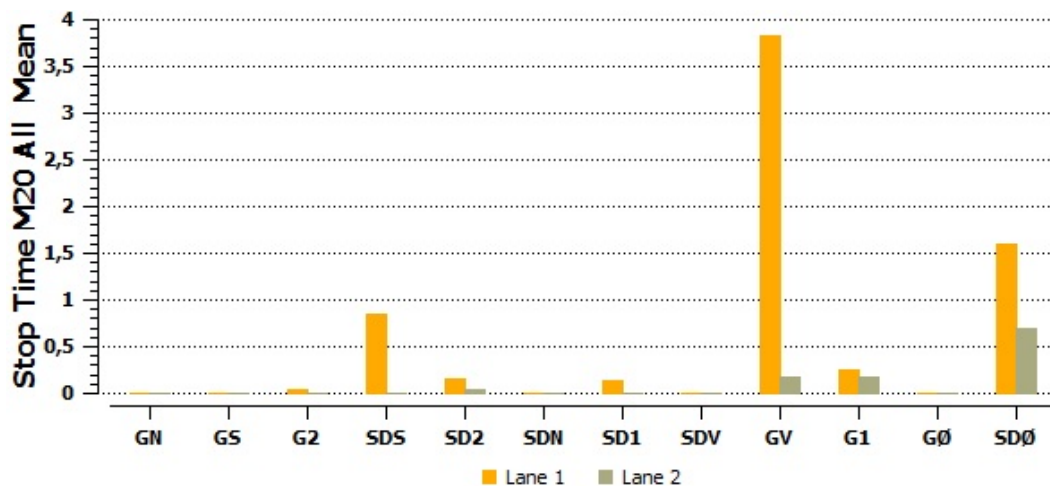
Figur 8.137: K5.2.1 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år



Figur 8.138: K5.2.1 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år



Figur 8.139: K5.2.1 - Stopptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år

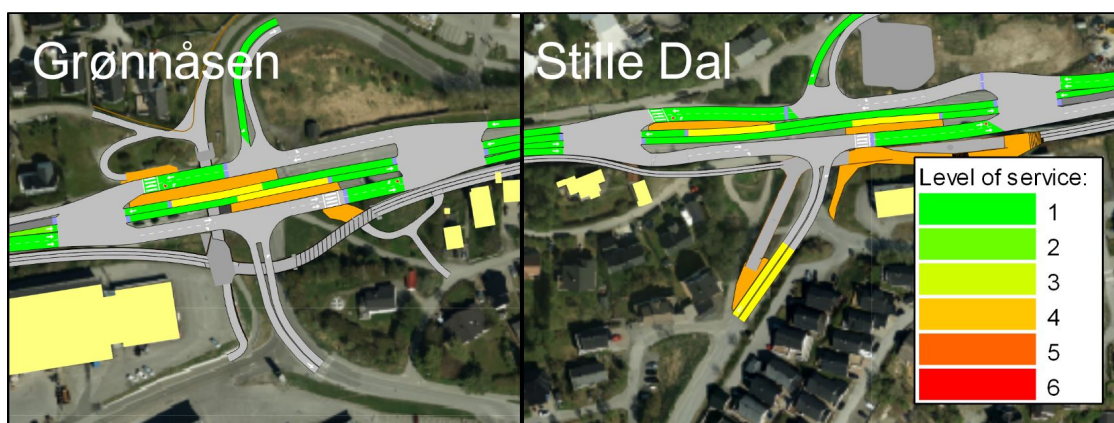


Figur 8.140: K5.2.1 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år

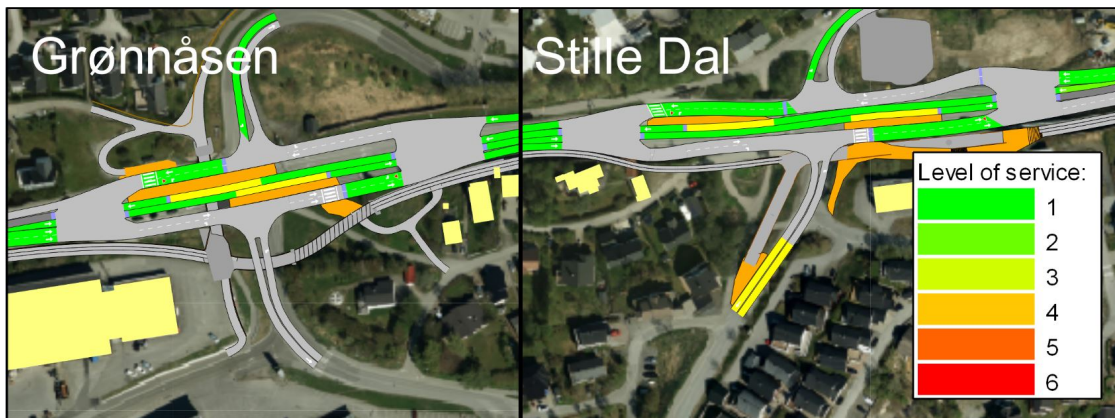
Oppsummerende kommentarer:

- Laveste LOS nivå: 1
- Maks Kølengde: 19 kjt - (Formiddag: GV)
- Gode trafikforhold for kollektivtransport

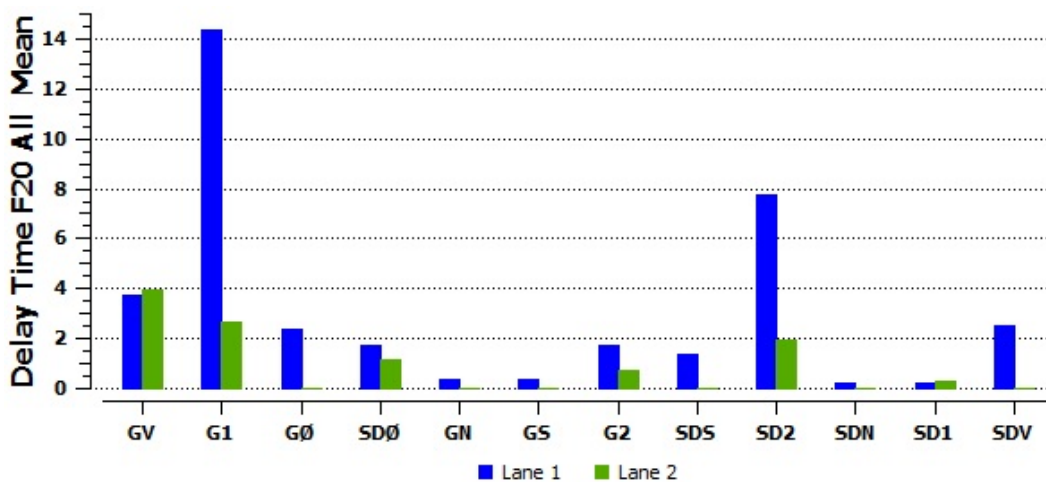
8.4.17 Konsept 5.2.2 - Signalregulert Avlang rundkjøring med midtstilt toveis kollektivfelt - Vanlig høyreregel



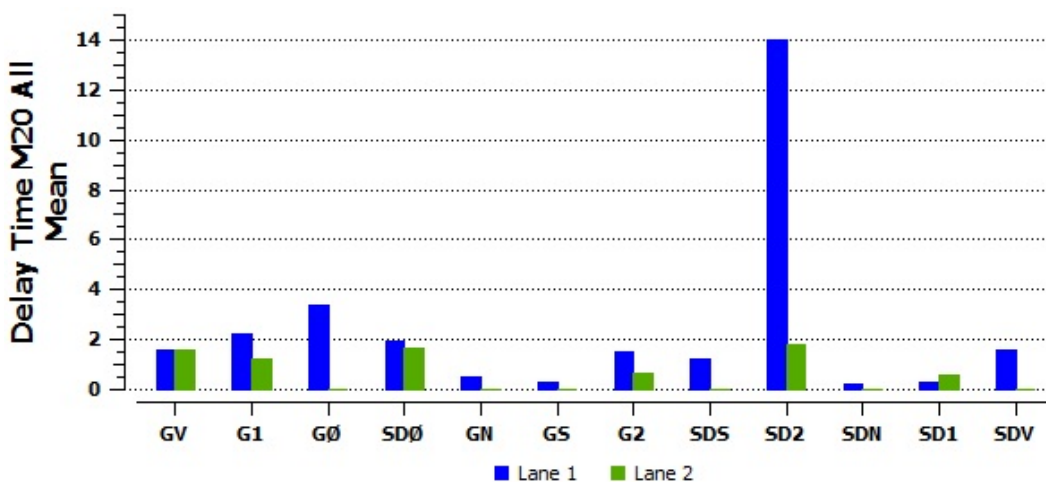
Figur 8.141: K5.2.2 - Seksjonenes *Level of service* - Formiddag etter 20 år



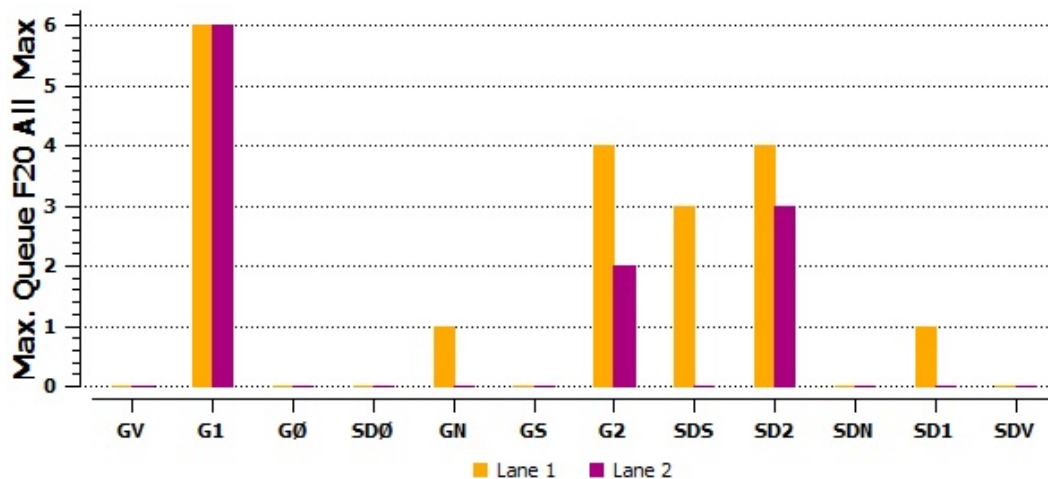
Figur 8.142: K5.2.2 - Seksjonenes *Level of service* - Morgen etter 20 år



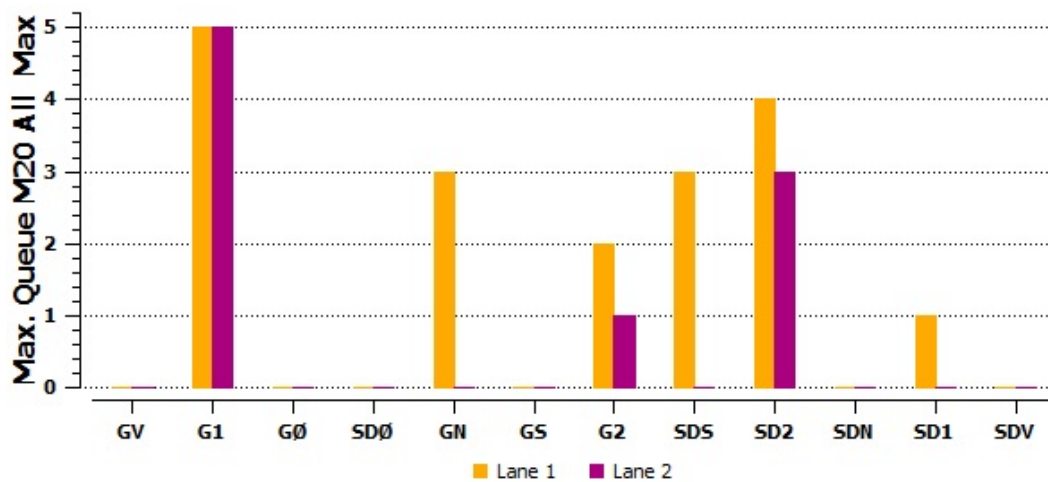
Figur 8.143: K5.2.2 - Forsinkelse [s/kjt] - Formiddag etter 20 år



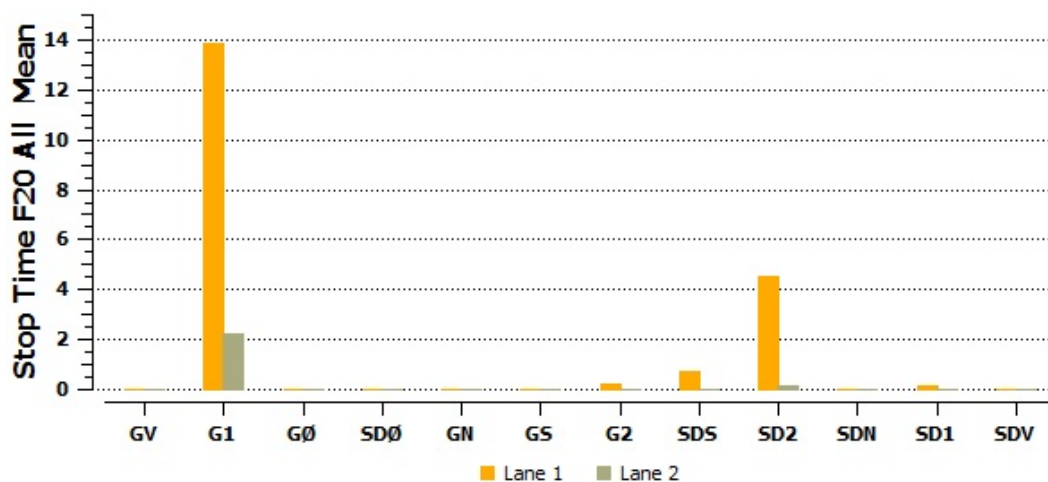
Figur 8.144: K5.2.2 - Forsinkelse [s/kjt] - Morgen etter 20 år



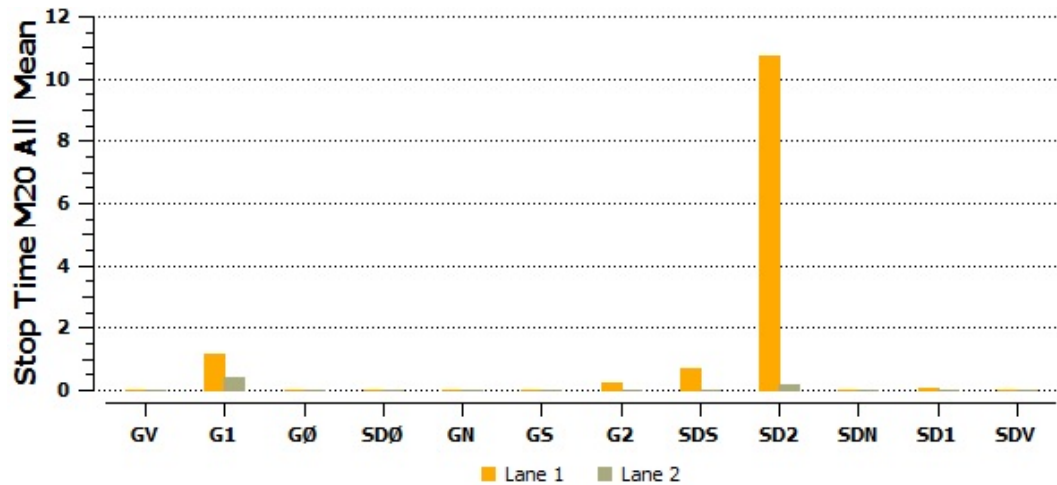
Figur 8.145: K5.2.2 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Formiddag etter 20 år



Figur 8.146: K5.2.2 - Lengste registrerte kø, antall kjøretøy - Morgen etter 20 år



Figur 8.147: K5.2.2 - Stoptid [s/kjt] - Formiddag etter 20 år



Figur 8.148: K5.2.2 - Stopptid [s/kjt] - Morgen etter 20 år

Oppsummerende kommentarer:

- Laveste LOS nivå: 1
- Maks Kølengde: 6 kjt - (Formiddag: G1)
- Gode trafikkforhold for kollektivtransport

8.5 Aimsun - Lenkeanalyse

Lenkeanalyse				
Nivåer:	Best	Nest best	Tredje best	Svakest
Konsept	2,1,2	2,2	3,1	3,2
V - Ø				
Distanse [m]	2860	2860	2858	2879
Reisetid [s]	176	179	201	188
Distanseforhold	1,00074	1,00075	1,000	1,0073
Hastighet [km/t]	58	57	51	55
Antall [kjt]	710	665	729	668
V - GN				
Distanse [m]	1239	1475	1114	1169
Reisetid [s]	85	97	104	81
Distanseforhold	1,112	1,324	1,000	1,049
Hastighet [km/t]	53	55	38	52
Antall [kjt]	277	249	292	317
V - GS				
Distanse [m]	1109	1105	1115	1116
Reisetid [s]	68	72	80	77
Distanseforhold	1,003	1,000	1,009	1,010
Hastighet [km/t]	59	55	50	52
Antall [kjt]	178	203	171	179
GS - V				
Distanse [m]	1248	1497	1121	1175
Reisetid [s]	85	102	84	86
Distanseforhold	1,113	1,335	1,000	1,049
Hastighet [km/t]	53,1	53,0	48	49
Antall [kjt]	103	111	118	106
GS - GN				
Distanse [m]	267	509	158	176
Reisetid [s]	28,3	41	27,9	25
Distanseforhold	1,689	3,218	1,000	1,112
Hastighet [km/t]	34	45	20	26
Antall [kjt]	80	86	79	88

Figur 8.149: Lenkeanalyse del 1

GS - Ø				
Distanse [m]	1889	1895	1887	1886
Reisetid [s]	120	123	136	137
Distanseforhold	1,001	1,004	1,00015	1,0000
Hastighet [km/t]	57	55	50,0	49,7
Antall [kjt]	253	256	257	280
GN - SDN				
Distanse [m]	1255	1882	957	1031
Reisetid [s]	96	131	75	82
Distanseforhold	1,311	1,966	1,000	1,077
Hastighet [km/t]	47	52	46	45
Antall [kjt]	6	5	4	2
GN - GS				
Distanse [m]	277	836	169	179
Reisetid [s]	36	57	25	18
Distanseforhold	1,633	4,935	1,000	1,056
Hastighet [km/t]	27	53	24	35
Antall [kjt]	26	37	26	16
GN - Ø				
Distanse [m]	2028	2591	1897	1942
Reisetid [s]	150	166	143	133
Distanseforhold	1,069	1,366	1,000	1,024
Hastighet [km/t]	49	56	48	52
Antall [kjt]	62	70	67	88
GN - V				
Distanse [m]	1102	1106	1106	1106
Reisetid [s]	69	68	75	72
Distanseforhold	1,000	1,0040	1,0036	1,0038
Hastighet [km/t]	58	59	53	56
Antall [kjt]	142	130	128	131
SDN - SDS				
Distanse [m]	346	1464	189	197
Reisetid [s]	29	104	24	22
Distanseforhold	1,834	7,750	1,000	1,043
Hastighet [km/t]	43	51	28	33
Antall [kjt]	2	6	7	4

Figur 8.150: Lenkeanalyse del 2

Lenkeanalysen er utført på et utvalg av interessante reiser i trafikmodellene. Navnsettingen av lenkene er slik at startsentroiden nevnes først og sluttentroiden nevnes sist, basert på figur 6.25. Datagrunlaget er formiddagstrafikk etter 20 år i modellene. Konseptene er vektet mot hverandre og rangert etter skalaen øverst i figur 8.149. Distanseforholdet er beregnet som distanseforhold mot korteste distanse.

9 | Diskusjon

I dette kapitlet blir hvert enkelt konsept drøftet på bakgrunn av trafikkavviklingsresultatene og vurdert ut fra et trafiksikkerhetsperspektiv. Eventuelle endringer som foreslås i dette kapitlet vil være gjenstand for videre arbeid. I siste del av kapitlet drøftes feilkilder i arbeidet som er utført.

9.1 Konsept 1 - Ett midtstilt toveis kollektivfelt

Konseptet 1 illustrerer hvordan 3-feltsvegen kan bygges med kollektivfelt. Konseptet har flere positive sider. Det muliggjør bruk av dagens veg slik den er, noe som kan ha en kostnadsbesparende effekt. Ved å beholde gammel veg og endre bruk, sikrer man også muligheten til å endre tilbake til rushtidsregulert 3-felt i framtiden ved behov. Ett midtstilt kollektivfelt vil separere buss fra annen trafikk, med unntak av når busser møter hverandre. Dette gir et løft for kollektivtransport langs casestrekningen som resultatene viser. Resultatene viser ikke hvilken effekt busser som viker for hverandre har på trafikkavviklingen. Det betyr at resultatene for konsept 1 må tolkes som en ideell situasjon der hver enkelt buss reiser upåvirket av annen trafikk.

Når det kommer til trafikkforholdene for fotgjengere og syklister vil det fokuseres på fotgjengerovergangene for adkomst til de midtstilte holdeplassene. Dette kommer av at fotgjengerovergangene er de mest utfordrende områdene for myke trafikanter i konseptet.

Konsept 1 er et konsept som stiller større krav til bussjåførenes egenskaper. Det vil derfor være nødvendig med opplæring, uansett hvilken form for regulering et slikt system vil få.

9.1.1 Konsept 1.1 - Signalregulert kryss med midtstilte kollektivfelt

Diskusjonen av dette konseptet fokuserer på resultatene for K1.1.1 - Uten forenklede fotgjengere og K1.1.2 - Med forenklede fotgjengere.

Resultatene fra replikasjonsdataene for modellene i delkapittel 8.3, viser at forenklede fotgjengere har liten eller ingen innvirkning på trafikkavviklingen i konsept 1.1. Replikasjonsdataene viser også at konseptet gir trafikkforhold for buss som ligger rundt gjennomsnittet av alle konseptene i denne oppgaven. Trafikkforholdene for andre kjøretøy er noe dårligere enn gjennomsnittet, både på reisetid, stopptid og forsinkelsestid. Dette kommer av at kryssene er signalregulerte og vil gi høyere tidsbruk for hvert kjøretøy enn vikepliktsregulerte kryss. En trend i alle replikasjonsdataresultatene er at konsepter med signalregulerte kryss har de svakeste resultatene på de presenterte parameterne. Konsept 1.1 er helt på linje med de andre signalregulerte krysskonseptene.

LOS resultatene for buss i alle variantene under konsept 1 er lite interessante da buss har full prioritet i kryssene og ingen møtende busstrafikk på seksjonene. Resultatene av LOS for annen trafikk i konsept 1.1 reflekterer at vegarmene nord og sør i begge kryssene nedprioriteres til fordel for trafikken på primærvegen. Dette kommer ikke like godt frem av figurene for forsinkelse, maks kølengde og stopptid. I disse figurene ligger primærvegens resultater på linje med sekundærvegene, noe som tyder på gunstig faseinndeling i signalplanene. Figurene viser videre at venstresvingefelt har høyere forsinkelse, stopptid og relativt mye kø. Dette tyder på at signalplanene i modellene gir lav prioritet til disse svingebevegelsene.

Det er derimot tydelig i figurene for forsinkelse, maks kølengde og stopptid at kollektivtransport får et løft med konsept 1.1. Figurene gir at forsinkelsestid for buss på seksjonene kan komme opp mot 14 sekunder. Dette kommer av at seksjonene har definert makshastighet på 60 km/t. Busser som bremses ned mot og akselererer ut av en holdeplass vil bidra til at Aimsun registrerer forsinkelsestid, slik som forsinkelsestiden er beskrevet i delkapittel 6.3.3. Forsinkelsestiden er derfor avhengig av om bussen må stoppe. Ingen stopp langs casestrekningen vil da gi tilnærmet 0 sekunder forsinkelsestid i alle variantene av konsept 1. I modelleringen er det valgt at buss skal stoppe i 20 sekunder på hvert busstopp langs casestrekningen. Det er også lagt inn avvik på +/- 5 sekunder. Dette er gjort fordi tiden på busstopp vil variere i praksis. Det at bussene stopper på hvert busstopp i simuleringene, er noe som tyder på at registrert forsinkelsestid i resultatene

her, kan være lavere i virkeligheten. Det at bussene må vike for hverandre kan derimot gi økt forsinkelsestid. Busser som viker vil kunne tape hastighet, noe som akkumulerer mer forsinkelse. Dette gir i sum at resulterende forsinkelsestid fremstår realistisk.

Bussenes maksimale kølengder er på 2 kjøretøy i begge konseptene, noe som underbygger dimensjoneringsvalget av 2 busser på et busstopp samtidig. Resultatene for bussenes stopptid viser at seksjonen med høyeste stopptid er SDVbuss, med omtrent 5 sekunder. Dette kan skyldes at detektoren, som skal gi signal til Stille Dal krysset om at det kommer en buss, er plassert for nært, eller for langt vekk fra krysset. Dette vil enten føre til at bussen ankommer før krysset har avviklet aktive faser, eller at bussen ankommer etter at bussfasen er over. Innstilling av kryssenes signalplaner må gjøres grundigere hvis dette arbeidet skal videreføres.

Konseptets største utfordring når det kommer til trafikksikkerhet er fotgjengerovergangene. I konsept 1.1.2 er disse fotgjengerovergangene signalregulerte i kryssområdene. Denne løsningen er å foretrekke for en veg med ÅDT over 8000 og fartsgrense på 60 km/t, etter håndbok V127 *Gangfeltkriterier* (Vegvesen, 2014e). Dette gjelder dermed for denne case-strekningen. Alternativet med nedskilting av fart og opphøyd fotgjengerovergang er ikke anbefalt som eneste tiltak (Institute, 2014). Utenfor kryssområdene er nedskilting av fart og opphøyd fotgjengerovergang foreslått, men her kan det også vurderes som nødvendig med signalregulering av overgangene. En viktig sikkerhetsutfordring med midtstilte holdeplasser er fotgjengere som krysser vegbanen utenfor oppmerket kryssingsområde. Det må derfor vurderes om bruk av inngjerding av holdeplassenes venteeareal er nødvendig. Dette vil ha en styrende effekt på hvor fotgjengere beveger seg i kryssområdet.

En gjenganger i alle konseptenes resultater i delkapittel 8.3, er at buss har høyere gjennomsnittlig reisetid enn annen trafikk langs casestrekningen. For å undersøke dette ble konsept 1.1.1 benyttet og testet uten stopptid på holdeplassene i caseområdet. Testen viste at buss reiste på omtrent 60 sekunder pr. kilometer i systemet. Dette er raskere enn resultatene for annen trafikk i konseptet. Gjennomsnittlig reisetid for buss påvirkes altså av stopptid på holdeplasser, noe som derfor betyr at kollektivtrafikk får meget gode trafikkforhold, med eget kollektivfelt.

9.1.2 Konsept 1.2 - Signalregulert kryss med venstresvingefelt mellom midtstilte kollektivfelt

I konsept 1.2 flyttes konflikten mellom venstresvingende trafikk på primærvegen og kollektivtrafikk, ut av kryssområdet. Dette er bare modellert for Grønnåsenkrysset som et forsøk for å få kryssløsningen til å fungere. Den ble ikke modellert i Stille Dal krysset da det ikke ble funnet en tilfredsstillende signalregulering for Grønnåsenkrysset. Stille Dal krysset har derfor den samme utformingen og reguleringen som i konsept 1.1. I replikasjonsdataresultatene i delkapittel 8.3 er dette konseptet ett av de som presterer svakest på gjennomsnittlig reise-, stopp- og forsinkelsestid. LOS resultatene i figur 8.27 viser at GN og GS mangler prioritering. Det samme kan leses av resultatfigurene for forsinkelse, maks kølengde og stopptid, i delkapittel 8.4.3. Resultatene viser videre at kollektivtrafikk har gode trafikkforhold gjennom et slikt vegkryss. Dette skyldes egne felt og aktiv prioritering i kryssene.

9.1.3 Konsept 1.3 - Signalregulert rundkjøring med midtstilte kollektivfelt gjennom sentraløy

I konsept 1.3 er det modellert signalregulerte rundkjøringer med midtstilt kollektivfelt. Resultatene for replikasjonsdata viser at gjennomsnittlig reisetid ligger rundt gjennomsnittetsresultatet for alle konseptene. Stopptiden er relativt lav og forsinkelsestiden ligger rundt gjennomsnittet. Resultatene for LOS viser at dette kan være en god løsning for casestrekningen. Svakeste LOS grad er 2 og gjelder vegarmen GS på formiddagen. Dette kommer også frem av figurene for forsinkelse, maks kølengde og stopptid. Her har GS mye høyere forsinkelse- og stopptid enn de andre seksjonene på formiddagen. Kølengden for GS på formiddagen er også markant lengre enn for de andre seksjonene. For GN gjelder det samme for morgentrafikken. Dette er naturlig da rushtrafikken vil gi tilnærmet konstant vikeplikt for kjøretøy som kommer inn fra høyre. Når buss ankommer vil også trafikken i sirkulasjonsarealet danne kø som hindrer GS om formiddagen og GN om morgenen. I Stille Dal krysset er ikke dette et problem på grunn av lavere trafikkbelastning i vegarmene SDS og SDN. Trafikkforholdene for kollektivtransport er gode, basert på replikasjonsdataene og LOS grad for kollektivfeltene.

9.2 Konsept 2 - Vikepliktsregulerte kryss

9.2.1 Konsept 2.1 - Avlang rundkjøring

Diskusjonen av dette konseptet fokuserer på resultatene for K2.1.1 - Vanlig rundkjøringsregulering av vikepliktighet og K2.1.2 - Vanlig høyreregel.

Avlang rundkjøring eller *The Roundalong* er et av konseptene som leverer best resultater på alle analysene. I replikasjonsdataene kommer konseptvariantene 2.1.1 og 2.1.2 ut som to av de beste konseptene i denne oppgaven. Figurene 8.4 og 8.5 viser at det bare er konsept 2.2 som leverer like gode resultater. Buss har også noen av de beste gjennomsnittlige reisetidene i konsept 2.1. Når det kommer til stopptid er det omtrent ikke registrert at buss må stoppe opp. Forsinkelsestid for buss derimot, viser noe høyere tidsbruk enn for andre kjøretøy. Dette kommer av samme effekt som beskrevet i diskusjonen av konsept 1, der modellen oppfatter forsinkelse hver gang buss stopper på en holdeplass.

Konsept 2.1 gir likevel lav stopp og forsinkelsestid for alle kjøretøy. Dette kommer av at man i utgangspunktet ikke må stoppe for noen. I konsept 2.1.1 er det trafikken på vei inn i den avlange rundkjøringen som må vike for venstresvingende trafikk. Dette er et forsøk på å regulere krysset med vanlig rundkjøringsvikeplikt. I figurene for konsept 2.1.1 i delkapittel 8.4.5 kommer det tydelig frem at det er GV, GØ, SDV og SDØ som opplever den største tidsbruken. Kryssets utforming gjør at dette innebærer en sikkerhetsrisiko og en noe ulogisk trafikkavvikling der største trafikkstrøm må vike for mindre trafikkstrømmer. Sikkerhetsrisikoen kommer av at trafikk som beveger seg rett frem gjennom krysset ikke nødvendigvis stopper for venstresvingende trafikk inne i den avlange rundkjøringen. Utformingen har ikke den naturlige avbøyningen som er vanlig i rundkjøringer og som bilistene senker farten for å kjøre gjennom. Dette fører til at bilister kan satse på å holde farten i større grad og dermed ikke ser venstresvingende trafikk som kommer brått rundt enden av den avlange rundkjøringen. Endene av den avlange rundkjøringen har bare indre svingradius på 7 meter. Dette er helt på grensen av hva vogntog og buss kan klare, slik som beskrevet under sporingsanalysen i kapittel 6.

Utformingen er et resultat av manglende areal i caseområdet. En bedre utforming er å gjøre den avlange rundkjøringen større, slik at venstresvingen blir lengre og møtende trafikk får tid til å oppdage venstresvingende kjøretøy. Når man gjør den avlange rundkjøringen større kan det også tenkes at det blir plass til et eget venstresvingefelt, adskilt fra møtende trafikk. Dette feltet føres 180 grader gjennom venstresvingen. På denne måten fjerner

man konflikten med møtende trafikk og venstresvingen kan gjennomføres uavbrutt.

En annen utformingsmulighet er å forme endene av den avlange rundkjøringen som rundkjøringer og øke svingradius i henhold til kravene for rundkjøring. Her må da trafikk som skal rett frem senke farten for å kjøre gjennom en del av venstresvingbuen i den avlange rundkjøringen.

En tredje løsning på denne sikkerhetsrisikoen og som også retter opp den noe ulogiske vikepliktsreguleringen, er en endring av vikepliktsreguleringen i konsept 2.1. Dette førte til konsept 2.1.2. Her er det de mindre, venstresvingende trafikkstrømmene som viker for trafikken som skal rett frem. Dette gir små utslag i figurene i delkapittel 8.3 som omhandler formiddagstrafikk, men ingen merkbare utslag for trafikken om morgenen. For formiddagstrafikken ser man at konsept 2.1.2, hvor venstresvingende trafikk må vike for trafikken som kommer inn mot den avlange rundkjøringen, opplever økt tidsbruk, sammenlignet med konsept 2.1.1. Dette kommer av at venstresvingende trafikk blir stående i seksjon G1 og G2 fra delkapittel 8.4.5, mens de venter på å gjennomføre svingen. Figur 8.55 viser tydelig denne effekten. Her er det markant høyere kølengder for G1 og G2. Stopptiden for G1 er også markant høyere i formiddagsrushet, som figur 8.57 tydelig viser. Denne oppsamlingen av venstresvingende trafikk kan være en utfordring for denne vikepliktighetsreguleringen. Dette har ikke vært noe problem i modellen for konsept 2.1.2, basert på resultatene. Trafikk som skal rett frem har muligheten til å legge seg ut til høyre i stoppområdet for buss og har dermed blitt lite påvirket.

Det er gjennomført en lenkeanalyse for konsept 2.1.2. Dette er gjort fordi Avlang rundkjøring er en ny kryssløsning som har vært viktig å analysere i denne oppgaven. Analysen i figur 8.149 og 8.150 viser for det første at konseptet ikke får svakeste vurdering på noen av evalueringsparameterne reisetid, distanseforhold eller hastighet, sammenlignet med de andre konseptene i analysen. Avlang rundkjøring gir de beste trafikkforholdene for gjennomgangstrafikken fra vest til øst (V-Ø) i lenkeanalysen. Konseptet gir også svært gode forhold for høyresvingende trafikk, V-GS, GS-Ø og GN-V. For venstresvingende trafikk, V-GN, GS-V, GS-GN, GN-SDN, GN-GS, GN-Ø og SDN-SDS, leverer konseptet middels gode resultater. For alle nord-sør bevegelser og omvendt, leverer konseptet relativt svakt, sammenlignet med konsept 3.1 og 3.2. Dette betyr at den ekstra kjørelengden rundt den avlange rundkjøringen er en ulempe for disse trafikkstrømmene.

Lenkeanalysen forteller altså at Avlang rundkjøring er et relativt godt alternativ i forhold til konsept 2.2 og konsept 3.1. Rundkjøringene i konsept 3.2 leverer lignende resultater som Avlang rundkjøring. Ved å endre Avlang rundkjøring i retning av en vanlig rund-

kjøring, kan det tenkes at konsept 3.1 står igjen som konseptet med best resultater i en slik lenkeanalyse. Avlang rundkjøring leverer høyere hastigheter på kjøretøyene enn i en rundkjøring, noe som bekrefter ideen med konsept 2.1, om å skape et kryss med god trafikkflyt for alle svingebevegelser.

9.2.2 Konsept 2.2 - Snukryss

Snukryss eller *The Turnabout* er i likhet med konsept 2.1, et forsøk på å bruke et vikepliktsregulert system på hele casestrekningen. Konseptets resultater i delkapittel 8.3 er svært gode for alle kjøretøysgruppene. Problemet med disse resultatene er at de måler i sekund pr. kilometer. Denne fremstillingen fanger ikke opp konseptets store utfordring, nemlig ekstra kjørlengder påført bilistene. Lenkeanalysen i figur 8.150 viser for eksempel at et kjøretøy som skal fra SDN til SDS, må kjøre 7,75 ganger lengre i konsept 2.2, sammenlignet med konsept 3.1. Kjørelengdene er avhengige av hvor snukryssene plasseres. I denne caseoppgaven er snukryssene i konsept 2.2 plassert der det er tilgjengelig areal. Dette gir ikke en ideell utforming av systemet. Ideelt sett bør snukryssene plasseres basert på etterspørselen etter svingebevegelser de tilbyr. Dette betyr at et snukryss bør plasseres nærmest det mest belastede krysset i eksisterende situasjon. Hvor nært snukrysset faktisk bør ligge hvert av de eksisterende kryssene kan avgjøres lineært basert på trafikkmengder. Det kan også tenkes å gjøre beregninger som tar inn forhold som kjøretøystyper. For eksempel vil en busslinje være en viktig faktor som kan påvirke plassering av snukrysset, for å unngå unødvendig reisetid med buss. I modellen for konsept 2.2 er det i Stille Dal krysset lagt inn ett eget venstresvingefelt for buss med et slags filterfelt, se figur 7.34. Dette reduserer reisetiden for buss betraktelig, sammenlignet med om buss fra øst mot sør skulle reist via Snukryss midt, i figur 7.33. Dette er en styrke ved et slikt system der eksisterende kryss kan brukes som før av kollektivtransport. Kollektivtrafikk får dermed et fortrinn på annen trafikk, som får økt kjørelengde.

Figurene i 8.4.7 viser tydelig at seksjonene inn mot snukryssene, er der det kan samle seg kø i systemet. Stopptidene er meget lave, noe som tyder på at kjøretøyene i kø, for det meste holder seg i bevegelse. Største stopptid er naturlig nok for trafikk som kommer fra øst, inn mot Snukryss MØ i figur 8.66. Her møter de venstresvingende trafikk i formiddagsrushet, hvor store deler av trafikken skal til GN.

Generelt viser konsept 2.2 seg som et godt trafikksystem med tanke på trafikkavvikling. Et viktig spørsmål er om konseptet kan konkurrere på reisetid med de andre konseptene

i dette arbeidet. Konseptet vil ha liten nytteverdi hvis både kjørelengde og reisetid øker sammenlignet med et system med vanlige lyskryss som i konsept 3.1. Lenkeanalysen viser tydelig at konsept 2.2 har flere av de dårligste distanseforholdene. Det har også svakeste reisetid for flere av svingebevegelsene. Konseptet leverer derimot flere av de beste resultatene på hastighet, noe som tyder på et system med meget god trafikkflyt. Dette betyr at man bruker mer tid i vegsystemet i konsept 2.2, til tross for bedre trafikkflyt.

Konseptet virker ikke å kunne konkurrere med konvensjonelle løsninger som 3.1 og 3.2 på denne casestrekningen. Det kan likevel tenkes at konsept 2.2 har relativt høy kapasitet når det kommer til trafikkmengdene det kan avvikle. For videre arbeid kan en studie av konseptets kapasitet være interessant.

9.3 Konsept 3 - Konvensjonelle løsninger

9.3.1 Konsept 3.1 - Vanlig signalregulerte kryss

Konsept 3.1 tar for seg dagens strekningsløsning, men reduserer den med ett kjørefelt og gir prioritet til buss i vegkryssene. Konseptets resultater i delkapittel 8.3 viser at buss for det meste har bedre trafikkforhold enn lette og tunge kjøretøy. Gjennomsnittlig reisetid i systemet er noe bedre enn gjennomsnittet for konseptene med signalregulering. Det samme gjelder for gjennomsnittlig stopp- og forsinkelsestid.

Konseptets resultater i delkapittel 8.4.8 viser at kryssets tilhørende seksjoner vurderes med LOS nivå A, med unntak av GS i morgenrush som har fått nivå B. Figurene for forsinkelsestid viser at det er seksjonene med de største trafikkstrømmene (GV, GØ, SDV, SDØ) som også opplever størst forsinkelse. Forsinkelsestiden er generelt størst for venstresvingende trafikk, noe som tyder på lav prioritering av denne svingebevegelsen. Dette kommer også frem av figurene for stopptid der venstresvingende trafikk i seksjonene er markant høyere enn for andre svingebevegelser.

Maks kølengder i konseptet er å finne i seksjonene som benyttes av rushtrafikkens retning. Det er i hovedsak feltet for trafikk som skal rett frem i krysset som opplever kø.

I lenkeanalysen er det tydelig at stopp og forsinkelsestid slår ut på reisetid og hastighet. Konseptet viser både flere av de svakeste reisetidene men også hastighetene, sammenlignet med konsept 2.1.2, 2.2 og 3.2. Dette kommer av kryssenes signalregulering, at resultatene er hentet fra formiddagsrush og at konseptene det sammenlignes med er vikepliktsreguler-

te. Når det kommer til distanseforhold for de ulike svingebevegelsene gir konseptet flere av de korteste kjørelengdene. Dette er naturlig med tanke på konseptene det sammenlignes med.

9.3.2 Konsept 3.2 - Vanlige rundkjøringer

Konsept 3.2 gir informasjon om hvordan vanlige rundkjøringer fungerer på casestrekningen. Replikasjonsdataresultatene viser at gjennomsnittlig reisetid i konsept 3.2 ligger noe høyere enn de andre vikepliktsregulerte konseptene. Dette kommer av dimensjonene på rundkjøringene og at trafikken har et mindre område å bevege seg på, sammenlignet med konsept 2.1.1, 2.1.2 og 2.2. Dette kommer også frem i resultatene for gjennomsnittlig stopp- og forsinkelsestid. Replikasjonsdataresultatene viser jevnt over at konsept 3.2 leverer gode resultater sammenlignet med de andre konseptene i dette arbeidet.

Konseptets resultater i delkapittel 8.4.9 viser et velfungerende system med jevn fordeling av påført forsinkelse i de tilknyttede seksjonene. Maks kølengde på 6 kjøretøy for seksjonene GV, GS og GØ, samt lave stopptider i formiddagsrushet, viser at konsept 3.1 er et godt alternativ for casestrekningen. Seksjonene med høyest stopptid er GS under formiddagsrushet og GN ved morgenrush. Dette kommer av at trafikken i disse seksjonene må vike for rushtrafikken, slik som beskrevet for konsept 1.3 i dette kapitlet.

Resultatene for LOS viser at seksjonene som belastes av rushtrafikk, opplever ned mot LOS D nivå. Dette er seksjon SDV som går fra ett til to felt inn mot rundkjøringen i Stille Dal. Tettheten på kjøretøyene som kommer inn mot krysset gjør at feltskifte her kan være en utfordring. SDV kommer likevel godt ut på forsinkelsestid, stopptid og kølengde i 8.4.9. LOS D klassifiseringen av SDV virker derfor ikke å være problematisk for konseptet.

Lenkeanalysen av konsept 3.2 viser at konseptet leverer svært godt og et flertall av de beste reisetidene for analysens utvalg av svingebevegelser. Dette kommer av kortere kjørelengde og ingen signalregulering som hindrer kjøretøyene. Hastighetene varierer veldig, mens distanseforholdet jevnt over er lavt eller er korteste distanse for hver av svingebevegelsene.

Konsept 3.2 bidrar ikke direkte til bedre trafikkforhold for kollektivtransport. Indirekte vil kollektivtransport få et lite løft når det kommer til reisetid i et slikt system, sammenlignet med dagens løsning med signalregulerte kryss uten bussprioritering.

9.4 Konsept 4 - Midtstilte kollektivfelt gjennom kryss

9.4.1 Konsept 4.1 - Signalregulerte kryss med midtstilte kollektivfelt

Konsept 4.1 er et konsept som basert på resultatene i delkapittel 8.3, gir bedre trafikkforhold for kollektivtransport enn andre kjøretøystyper. Formiddagsresultatene for gjennomsnittlig reisetid viser at konseptet ligger på samme nivå som konsept 1.2 og 5.1. Dette er to konsepter hvor lysreguleringen av kryssene er dårlig, noe som fører til svake resultater i delkapittel 8.3. I resultatene for gjennomsnittlig stopptid har buss den høyeste stopptiden på formiddagen og den nest høyeste på morgenen. Dette kommer av at kø dannes under rødtid i seksjonene GSV, GSØ, SDV og SDØ. Køen hindrer buss oppstrøms fra å kjøre over i kollektivfeltet når den kommer inn mot krysset fra 2-feltsvegen. Det kan også skyldes at avstanden mellom detektoren som registrerer bussen og krysset, er for lang eller for kort.

Resultatene for gjennomsnittlig forsinkelsestid viser at konsept 4.1 leverer relativt svake resultater, sammenlignet med resten av konseptene. Forsinkelsestiden som registreres er høyest under formiddagsrushet, hvor lette kjøretøy opplever omtrent 56 s/km, mot omtrent 23 s/km på morgenen. Resultatene i delkapittel 8.4.10 kan forklare hvorfor det er slik. Her ser man at LOS er markant dårligere i Grønnåsenkrysset på formiddagen. Her er det spesielt vegarm GS som stikker seg ut med gradering LOS F. Vegarmen har også høyeste kølengde med 13 kjøretøy på formiddagen. Dette kommer av at rushtrafikken fra vest har høy utnyttingsgrad av fasetiden den er tildelt i Grønnåsenkrysset. GS som har relativt kort fasetid får dermed ikke avvirket trafikk slik som tiltenkt. Dette påvirker igjen vegarm GN som har LOS D gradering, ettersom trafikken i GS og GN kaller på de samme fasene. Det samme gjelder SDS og SDN under morgenrushet når man ser på figurene for maks kølengde og stopptid. Venstresvingende trafikk har også i dette konseptet med signalregulerte kryss, relativt høy stopp- og forsinkelsestid.

Kollektivtransport har som nevnt noen utfordringer i kryssområdene. Dette reflekteres i resultatene for maks kølengder, der man ser at buss danner kø med lengde 1, i seksjonene GVbuss, GØbuss og SDØbuss. SDVbuss derimot registrerer verken forsinkelse, stopptid eller kø. Dette kommer nok av at krysset er mindre trafikkert enn Grønnåsenkrysset og at utformingen er noe annerledes når det kommer til feltlengder. Trafikkforholdene for kollektivtransport er altså gode med ett par justeringer av kryssområdene.

9.4.2 Konsept 4.2 - Signalregulert rundkjøring med midtstilte kollektivfelt gjennom sentraløy

Konsept 4.2 tar for seg rundkjøringer med midtstilt kollektivfelt gjennom sentraløya. I replikasjonsdataresultatene ser man at konseptet kommer ut på linje med vanlige rundkjøringer i konsept 3.2. Dette stemmer ikke helt da konsept 3.2 ikke har noen fotgjengeroverganger som påvirker trafikken. Forenklete fotgjengeroverganger i konsept 4.2 vil gi utslag på resultatene, i negativ forstand. Det er ikke forsøkt å simulere dette konseptet med forenklete fotgjengere, ettersom konsept 4.3 ble ansett som mer interessant.

Resultatene i delkapittel 8.4.11 viser som for vanlige rundkjøringer at seksjonene SDN og GN opplever størst forsinkelse og stopptid på morgenen. Det samme gjelder GS og SDS på formiddagen. Trafikkavviklingen ellers virker å være meget god. Gradeingen LOS A gis til alle seksjonene i de to kryssene. Dette reflekteres i resultatene med lave forsinkelsestider, stopptid og lengste registrerte kø på 9 kjøretøy i seksjon GS.

Forholdene for kollektivtransport er også meget gode. Det registreres omtrent ingen forsinkelse, stopptid eller oppsamling av busser i kø. Dette vil ikke påvirkes av myke trafikanter i vegsystemet, noe som gjør dette til en lovende løsning for dette vegsystemet.

9.4.3 Konsept 4.3 - Signalregulert rundkjøring med holdeplass i sentraløy

Diskusjonen av dette konseptet fokuserer på resultatene for K4.3.1 - Uten forenklete fotgjengere, K4.3.2 - Med forenklete fotgjengere og K4.3.3 - Med forenklete fotgjengere i Grønnåsenkrysset og planskilt løsning i Stille Dal krysset

Konsept 4.3 er modellert i tre varianter. Konsept 4.3.1 er modellert for å kunne sammenlignes med andre konsepters resultater der det ikke inngår forenklete fotgjengere. Konsept 4.3.2 er konsept 4.3.1 med forenklete fotgjengere og konsept 4.3.3 er en modell av alternativ adkomst til sentraløya i Stille Dal krysset. Figurene i delkapittel 8.3 viser tydelig at konsept 4.3.2, der begge kryssområdene påvirkes av fotgjengere, har høyest reise-, stopp- og forsinkelsestid av disse tre på formiddagen. Resultatene for morgenen er relativt like for konsept 4.3.2 og 4.3.3, mens 4.3.1 kommer noe bedre ut ettersom resultatene er uten forenklete fotgjengere. Dette kan forklares ved å se på figurene 3.12, 3.13, 3.14 og 3.15. Her ser man trafikkbelastningen i begge kryssene er jevnere fordelt på formiddagen. På morgenen øker trafikken jevnt frem til kl. 8, for så å avta. Dette betyr at kryssene har

kontinuerlig belastning på formiddagen, noe som kan føre til større grad av køoppsamling enn på morgenen.

Resultatene i delkapitlene 8.4.12, 8.4.13 og 8.4.14 viser at rundkjøringsløsninger gir de dårligste trafikkforholdene til vegarmene der trafikk må vike for rushtrafikk. LOS resultatene viser at seksjon GS graderes med LOS C i konsept 4.3.2 og LOS B i konsept 4.3.3 på formiddagen. GN graderes LOS B på morgenen i konsept 4.3.3. Resten av seksjonene graderes med LOS A, noe som tyder på at konsept 4.3 kan være et velfungerende konsept for casestrekningen. I konsept 4.3.2 vises det at SDVbuss har LOS D på formiddag. Konseptet har også svake resultater for stopp- og forsinkelsestid på formiddag i forhold til de andre busseksjonene. Dette skyldes køoppsamling og bakoverblokkering i SDV. Dermed blokkeres buss med jevne mellomrom. Når bussen passerer detektoren som kaller på bussprioriterende fase starter fasetiden bussen har til å passere krysset. I kø vil det ta tid før bussen får kjøre inn i bussfeltet og ofte er den bussprioriterende fasen utløpt, slik at bussen må vente på neste fase den kan kjøre i. Plassering av detektor burde i dette tilfellet vært gjort annerledes.

Konsept 4.3.2 er også modellert i SIDRA INTERSECTION. Figurene 8.1, 8.2 og 8.3 viser resultatene fra dette. Her ser man at svakeste LOS gradeing er LOS B forbundet med vegarmen GS. LOS C på GVbuss, GØbuss, SDVbuss og SDØbuss kommer av at det ikke er lagt inn bussprioritering i SIDRA modellen. Resultatene for kødannelse viser at Grønnåsenkrysset er mest belastet. Her får noen kjørefelt i sirkulasjonsarealet svakestegradering som er rød. Dette betyr at feltet er mettet med kjøretøy i store deler av makstimen. Feltene som er oransje har 90 - 100 % metningsgrad. Figur 8.3 viser at høy metningsgrad av kø til tross, ikke fører til ugunstig oppstopping i systemet. Dette kunne kanskje sett noe annerledes ut hvis buss hadde fått prioritet i SIDRA modellen. Basert på aimsunresultatene virker konseptet å fungere godt selv med bussprioritet og det antas at dette også gjelder i SIDRA modellen.

En utfordring med konsept 4.3.2 er at det i formiddagsrushet danner seg kø mellom Grønnåsenkrysset og Stille Dal krysset. Dette kommer frem av figur 8.116. Kø-dannelsen er fanget opp av figur 8.8 hvor gjennomsnittlig forsinkelsestid øker markant fra konsept 4.3.1 uten forenklete fotgjengere, til 4.3.2 med. Det samme kan leses av figur 8.6 for gjennomsnittlig stopptid. Økningen er en indikasjon på økt kødannelse i vegsystemet. Dette er ikke fanget opp av de presenterte tidsserieresultatene i kapittel 8, fordi dette foregår på seksjoner som ikke er direkte knyttet til kryssnodene. Dette er en svakhet i resultatene dette arbeidet presenterer. Det viser seg likevel av replikasjonsdataresultatene

og SIDRA at denne oppsamlingen av kø kan være mindre problematisk enn figur 8.116 tilsier. Dette er uønsket situasjon om den skulle oppstå. En løsning på dette vil være å utvide Stille Dal krysset med flere felt inn og ut langs primærvegen, slik som det er gjort i Grønnåsenkrysset. Konsept 4.3.3 vil også delvis løse dette, noe resultatene i delkapittel 8.3 tyder på. Her ser man at gjennomsnittlig reisetid går ned med omtrent 20 sekunder for lette kjøretøy. Reisetiden synker også for tunge kjøretøy og buss, noe som indikerer bedre trafikkflyt.

For konsept 4.3 vil trafiksikkerheten i fotgjengerovergangene i rundkjøringenes sirkulasjonsareal være avgjørende for konseptets realiserbarhet. Det er mange forhold som må vurderes. For det første må bilistene ha tilstrekkelig stoppsikt. Dette vil avhenge av rundkjøringens dimensjon. For det andre må lyssignaler som regulerer fotgjengerovergangene være godt synlige slik at bilister oppfatter og har tid til å stoppe i forkant av overgangen. For det tredje bør det vurderes om man skal skilte ned trafikken hastighet på veg inn til og i rundkjøringen. Trafiksikkerheten må utredes ytterligere, hvis konseptet vurderes som gjennomførbart.

Fotgjengere bør også ha mulighet til å passere kollektivfeltene inne i sentraløya. Dette kan gjøres med fotgjengeroverganger uten signalregulering. Det som er viktig her er at buss har mulighet til å bremse ned og stoppe inne i sentraløya for å slippe fotgjengere over. Det er viktig å unngå at buss ikke stopper delvis ute i rundkjøringens sirkulasjonsareal. Fotgjengerens kryssingsområde bør derfor være bredt nok til at fotgjengere kan passere og buss kan stoppe i deler av dette området samtidig, hvis det er behov. Det bør også merkes tilstrekkelig slik at folk er oppmerksomme på busser før de krysser.

I konsept 4.3.3 vil man ha de samme trafiksikkerhetsutfordringene i Grønnåsenkrysset som i konsept 4.3.1 og 4.3.2. I Stille Dal krysset får man derimot en ny utfordring når fotgjengerovergangene fjernes til fordel for planskilt adkomst. Her kan trapper, eventuelle heishus og myke trafikanter i sentraløya utgjøre et problem med tanke på sikt. Kravene for sikt til venstre for tilfartene, fremover i rundkjøringen og til gangfelt, i håndbok V121 *Geometrisk utforming av veg- og gatekryss* (Vegvesen, 2013b), kan bli vanskelig å oppfylle. Det er spesielt siktkravet fremover i rundkjøringen som krever at deler av sentraløya er overskuelig. Det vil si at objekter i sentraløya ikke skal overskride 0,5 meter i høyde. Dette må ved videre arbeid med konseptet evalueres. En viktig fordel med den planskilt løsningen er at det er en effektiv måte å avvike myke trafikanter og motorisert trafikk på, hvis man skal ta i bruk sentraløya. En ulempe med en slik løsning i Stille Dal krysset er kostnad. Det er i figur 7.61 modellert to heishus. Antall heishus avhenger av muligheten

fotgjengere har til å krysse kollektivfeltene.

9.5 Konsept 5 - Kombinasjoner av andre konsepter

9.5.1 Konsept 5.1 - Kollektivprioritering i venstre svingefelt

Konsept 5.1 er alternativet hvor buss og venstresvingende trafikk langs hovedvegen skal bruke samme kjørefelt. Dette har fungert dårlig og vært relativt mislykket, noe resultatene reflekterer. Dette skyldes i hovedsak en dårlig signalplanløsning for kryssene. En alternativ signalplan til den som benyttes i eksisterende kryss (vedlegg H), har vært nødvendig for konseptet. Problemet med faseplanløsningen som benyttes i eksisterende kryss er at buss hindres av venstresvingende trafikk i det delte feltet ved bruk av denne faseplanen. Det ble derfor forsøkt en ny faseinndeling som altså fungerte dårlig. Dette konseptet anses som mislykket i denne caseoppgaven fordi stedlig geometri satte begrensninger og en god nok faseplan ikke ble funnet. Konseptet er kanskje anvendbart andre steder men blir ikke drøftet ytterligere her.

9.5.2 Konsept 5.2 - Signalregulert Avlang rundkjøring med midtstilt toveis kollektivfelt

Diskusjonen av dette konseptet fokuserer på resultatene for K5.2.1 - Vanlig rundkjøringsregulering av vikepliktighet og K5.2.2 - Vanlig høyreregel

I konsept 5.2 legges kollektivfelt gjennom sentraløya i Avlang rundkjøring. Dette tilfører nye konflikterende kjøretøybevegelser i venstresvingområdene. Regulering av systemet med vikeplikt er derfor ansett å innebære ugunstig trafikkrisiko. Det er mulig at det kan fungere men det stiller store krav til oppmerksomhet hos venstresvingende trafikk. Kjøretøy som skal gjennomføre venstresvingen i en vikepliktsregulert løsning må stoppe for buss fra venstre, buss fra høyre og møtende trafikk. Dette fører til en relativt kompleks trafikksituasjon, noe som fort kan føre til farlige situasjoner. For eksempel hvis et venstresvingende kjøretøy skal prøve å ta en luke, mellom bevegelsene det er i konflikt med. Er luken liten når kjøretøyet kommer til konflikten med møtende trafikk, havner kjøretøyet i en utfordrende situasjon. Her kan venstresvingende kjøretøy tvinges til stopp i området hvor busser skal passere. En slik situasjon kan bli farlig, for eksempel avhengig av hvor

brått en stopp i dette området inntreffer. Dette kan komme brått på bussjåførene og by på hindringer eller stopproblemer for dem.

Utfordringene med vikepliktsregulert system fører til at signalregulering er benyttet i begge variantene av konsept 5.2. Dette fungerer ved at den avlange rundkjøringen benyttes slik som i konsept 2.1 når den ikke er påvirket av buss. Når det ankommer en buss stoppes muligheten til å gjennomføre venstresving i delen av den avlange rundkjøringen bussen skal passere. Dette øker trafikksikkerheten da alle involverte sjåfører kan kjøre ut fra lyssignal og ikke alene på egen årvåkenhet. I konsept 5.2.1 reduseres konflikten med møtende trafikk på hovedvegen ved at denne trafikken må vike for venstresvingende kjøretøy. Dette er som nevnt i delkapittel 9.2.1 ansett som en ugunstig løsning. Det ble derfor modellert en alternativ løsning i konsept 5.2.2, der venstresvingende trafikk viker for møtende trafikk. I modellen må da venstresvingende trafikk vente i seksjonene G1, G2, SD1 og SD2, noe resultatene reflekterer. Figurene for maks kølengde viser at kølengden i G1 kommer opp i 6 kjøretøy når møtende trafikk på hovedvegen er formiddagsrushet. Animerte simuleringer av modellen viser at denne køen kan bli noe lengre og at den maksimale kølengden seksjonen kan registrere er seks kjøretøy. Dette er en feilkilde for kølengderesultatene til alle konseptene og vil diskuteres nærmere under feilkilder i delkapittel 9.7. Effekten med at man får kjøpbygging for venstresvingende trafikk kommer likevel godt frem.

Det er av resultatene i delkapittel 8.4.16 og delkapittel 8.4.17 tydelig at vikepliktsreguleringen er avgjørende for hvilke seksjoner som opplever dårlige trafikkforhold. I konsept 5.2.1 er det GV som har de dårligste trafikkforholdene under formiddagsrushet. Dette kommer av at denne seksjonens trafikk må vike for venstresvingende trafikk. I morgenerushet er det SDØ som opplever størst hindringer. I konsept 5.2.2 er det som tidligere nevnt seksjonene G1, G2, SD1 og SD2 som opplever de dårligste trafikkforholdene. LOS graderingene i konseptene er gode, noe som tyder på at trafikkavviklingen generelt er god. Dette kan også tolkes av konseptenes resultater i delkapittel 8.3. Kollektivtransport virker også å ha meget gode forhold i konsept 5.2.

Trafikksikkerheten for fotgjengere møter de samme utfordringene i konsept 5.2 som er drøftet for andre konsepter. Kryssing av hovedvegen er også her tenkt signalregulert. Kryssing av kollektivfeltene internt i den avlange rundkjøringen er også aktuelt. I konsept 5.2 er det bedre forhold for dette med tanke på bussenes stoppsikt og stopplengde i forkant av en eventuell fotgjengerovergang i sentraløya.

9.6 Gang-/sykkelforhold

I dette arbeidet er det bare en gang-/sykkel løsning som er foreslått for hele caseområdet. Denne er delvis hentet fra skisser tegnet av Statens Vegvesen og baserer seg på eksisterende gang-/sykkelnettverk. Foreslått løsning gir i hovedsak bedre forhold for syklister. Dette kommer av at syklister får separat sykkelveg. De må heller ikke stoppe før passering av vegarmene GS og SDS, som følge av de foreslåtte broene. I hvilken grad en slik satsing på sykkelveg faktisk påvirker reisemiddelfordelingen i figur 3.4 er vanskelig å si. Hovedfordelen med sykkelvegen er muligheten til å bevege seg uavbrutt fra Hunstadkrysset i øst til Thallekrysset i vest. Syklister slipper også å blande seg med andre trafikanter der eksisterende gang-/sykkelveg går gjennom boligfelt idag. Løsningen reduserer derimot ikke reiseavstandene og adkomst til den foreslåtte sykkelvegen er den samme som før. Caseområdet har høydeforskjeller som gjør at alternative sykkelruter fremdeles kan foretrekkes av beboere i caseområdet. Adkomst til en ny gang-/sykkelløsning bør derfor utredes nærmere ved videre arbeid. Dette kan gjøres for eksempel ved en analyse i et GIS (Geografisk informasjonssystem) verktøy med en studie av helninger i det sykkelbare vegnettet rundt caseområdet. Ved å øke antall forbindelser som gjør det naturlig å benytte den foreslåtte sykkelvegen i dette arbeidet, vil man kunne øke bruk av sykkelvegen og dermed sykkelandelene i caseområdet.

9.7 Feilkilder i arbeidet

I en caseoppgave som denne er det mange feilkilder som kan og har påvirket utfallet. Først og fremst er det mange feilkilder i datainnsamlingen. Telletidspunktet i januar gir ikke nødvendigvis de beste trafikktallene. Trafikkbelastningen er relativt lik gjennom hele året, men de høyeste trafikktallene hentes sannsynligvis ut på høsten i månedskiftet august/september.

Trafikkdataene er hentet inn ved en kombinasjon av tall fra målepunktet ved Skeid og videotelling. Manuell telling fra video kan være en feilkilde for trafikktallene. Her er det spesielt telling av tunge kjøretøy basert på øyemål, som bidrar til usikkerhet. Bruk av måledata for 11.januar fra Skeid i svingdata for begge dagene er en kilde til uoverensstemmelse mellom modellerte og faktiske trafikkbevegelser. Beregningen av trafikken i casesystemet på bakgrunn av disse tallene er en feilkilde. Dette er fordi informasjonen om hvor kjøretøy skal mellom kryssene baserer seg på prosentfordeling av svingebeve-

gelsler fra en annen dag. Denne uoverensstemmelsen utgjør sannsynligvis ikke et stort avvik men gir et noe svakere datagrunnlag. En bedre løsning ville vært å telle begge kryssene samtidig med hvert sitt kamera og fått tall som stemte overrens. Dette ville økt trafikkmodellenes validitet.

Tall for busspassasjerer og fotgjengere i modellene der disse er implementert er også kilder til feil i resultatene. Tallene er satt basert på erfaring og meget grove tall fra Nordlands fylkeskommune. Tallene bidrar til å illustrere effekt av fotgjengere men er ikke presise nok. Det vil kreve bedre datagrunnlag om myke trafikanter for å oppnå bedre resultater av myke trafikanters påvirkning i modellsystemene. Det at fotgjengere er forenklet og modellert som kjøretøy av typen taxi i modellene er også en feilkilde. Taxiene er gitt maks hastighet på 10 km/t ved kryssing av fotgjengerovergangene. Denne hastigheten ble satt som et tenkt snitt mellom sykkel og fotgjengere i fart over et fotgjengerfelt. Dette er ikke tilfellet i virkeligheten og hastigheten for taxi burde vært rundt 3 km/t. Dette fører til at de forenklete fotgjengerne krysser raskere enn de gjør i virkeligheten, noe som gjør at fotgjengerfasene er kortere i modellene enn de egentlig vil være. Dette fører igjen til at annen trafikk avbrytes for lite av gangen og trafikkavviklingskvaliteten som tolkes av resultatene i kapittel 8, blir noe misvisende.

Det kan også knyttes usikkerhet til de fremtidsberegnete tallene i arbeidet. Fremtidstallene baserer seg på trafikkvekstprognoser for Nordland og reisemønsterendring (i figur 4.6 og 4.7) basert på RVU data. Dette er ikke feilfrie data men er av god nok kvalitet for dette arbeidet.

Når det kommer til trafikksimuleringsprogrammene som er benyttet er det mange potensielle feil knyttet til bruken av disse. Resultatene fra trafikkmodellene avhenger i sin helhet av hvordan brukeren har modellert, kalibrert og validert modellene. I dette arbeidet er manglende kalibrering og validering den viktigste feilkilden. Dette fører til at man kan stille seg spørsmål ved hvor virkelighetsnære og nyttige disse modellresultatene egentlig er. Det kunne vært innsamlet data om for eksempel kølengder i dagens situasjon i tillegg til dataene beskrevet i kapittel 3. Dagens situasjon skulle så ha blitt modellert og simulert. Resultatene for kølengder fra modellen av dagens situasjon ville så blitt sjekket opp mot virkelighetens kølengder. Denne sjekken av overensstemmelse mellom de to datakildene gjentas inntil resultatene er tilfredstillende. I denne oppgaven er det som nevnt i kapittel 6 bare vurdert om reisetidene i nettverket er realistiske basert på erfaring. Dette er erfaring med dagens situasjon, noe som ikke er i direkte samsvarer med de modellerte situasjonene. Reisetidsdata burde vært innhentet ved å kjøre på vegstrekningen i de ak-

tuelle tidsrommene for simuleringene og registrere reisetider. Reisetidene kunne så blitt sjekket opp mot lenkeanalyseresultater, slik som i 8.5, for en modell av dagens situasjon (nullalternativet). Dette ville økt validiteten på resultatene i dette arbeidet.

For å oppnå tilfredstillende resultater er det en rekke parametere i både SIDRA og Aimsun som kan justeres ved kalibrering av en modell. Det å beholde disse parametere på standardverdi i store deler av dette modelleringsarbeidet, er en feilkilde. Ved å justere på standardverdiene og tilpasse en modell virkeligheten (nullalternativet), tilnærmer man seg stedsspesifikke parameterinstillinger. Når en modell av dagens situasjon er ferdig kalibrert, kan parameterinstillingene fra denne benyttes i alternative modeller for det samme vegsystemet med de samme trafikk tallene som i modellen av dagens situasjon.

Modellene er satt sammen med mål om at simuleringen skal gi mest mulig køfrie system. Antall kjørefelt og tilhørende kjørefeltlengder er valgt basert på å håndtere de beregnede trafikkmengdene for 20 år frem i tid. Dimensjonene på vegsystemene er ikke vurdert på andre måter. Usikkerheten knyttet til trafikk tallene påvirker derfor også de modellerte dimensjonene. For å kunne benytte dimensjonene i videre arbeid er man avhengige av at simuleringssystemene er tilstrekkelig virkelighetsnære og at trafikk tallene stemmer. Dette krever grundig kalibrering og validering, noe som vil være aktuelt i eventuelt videre arbeid.

Et problem som har oppstått i resultatene er at maksimale kølengder blir feilaktig registrert, som følge av korte vegseksjoner. Tallene for maks kølengde kan altså være misvisende og se bedre ut enn de faktisk er. Dette gjelder spesielt sekundærvegarmene, men også korte primærvegseksjoner, slik som illustrert i figur 8.116 for konsept 4.3.2. Konseptene dette gjelder for er utelukkende konsepter med signalregulerte kryss. Det bør derfor modelleres et større vegsystem om man skal gå videre med ett av disse konseptene.

I dette arbeidet er modellene begrenset til å omfatte ca. 100 meter lange sekundærvegarmer for GN, GS, SDS og SDN. Primærvegen strekker seg ca. 2,5 km, fra Skeid i vest til Hunstadkrysset i øst. Dette utgjør utstrekningen til systemet som er tatt inn i modellene. Et problem med å gjøre det slik er at modellene bare gir resultater for hvordan trafikk avvikles i dette systemet. Det fanges ikke opp hvordan modellsystemet påvirker andre deler av vegnettet. For eksempel ved køoppsamling i en del av systemet, der køen strekker seg ut over enden av en modellert vegarm. Dette påvirker andre deler av vegnettet som ikke er tatt inn i modellen og kan føre til uforutsette problemer for trafikkavviklingen utenfor modellsystemet. Det kan også tenkes at dagens vegnett rundt caseområdet møter trafikkavviklingsproblemer hvis de gamle kryssområdene avviker trafikk raskere enn før. Dette kan føre til at kø som før var i kryssene, flyttes til deler av vegnettet utenfor systemet

i casestudien. Det er altså knyttet usikkerhet til å bare studere et begrenset område av vegnettets slik som i denne oppgaven. Konsepter som fungerer godt i et område kan altså gi bivirkninger for andre områder og en vurdering av hvor stort studieområdet bør være, kunne vært en del av denne masteroppgaven.

Det å sammenligne resultatene fra SIDRA INTERSECTION med Aimsun er heller ikke helt feilfritt. SIDRA resultatene er basert på timesdata og er påvirket av *Peak Flow Period* innstillingene, noe som gjør at trafikkbelastningen i SIDRA har uoverensstemmelser med 5-minutters dataene benyttet i Aimsun. Trafikkbelastningen er derfor annerledes og effekter som følge av maks belastning i Aimsun vil se annerledes ut i SIDRA. Resultatene for konsept 4.3 i delkapittel 8.1 fra SIDRA virker nesten for gode. Dette skyldes sannsynligvis at trafikken fordeles annerledes og trolig jevnere i SIDRA modellen, enn i Aimsun.

I tillegg til uoverensstemmelser i trafikkbelastning, har heller ikke SIDRA modellen av konsept 4.3 aktiv prioritering av buss. Dette gir store uoverensstemmelser mellom busenes trafikkopplevelse i de to programmene modeller. Bussenes påvirkning av andre kjøretøyers trafikkopplevelse som følge av aktiv prioritering i Aimsun modellen, kommer derfor ikke med i SIDRA resultatene. Bruk av optimal fasetid i SIDRA er også noe urealistisk og lite sammenlignbart med den brukerinnstilte faseplanen i Aimsun.

Målet med dette arbeidet har vært å utvikle nytenkende vegkryss- og strekningsløsninger, som del av en større konseptutredning. Enkelte av løsningene i denne oppgaven anses som nytenkende og presenteres som nyheter i konklusjonen i del I og den vitenskapelige artikkelen i del II. I hvilken grad de faktisk er nyheter avhenger av hvor grundig litteraturstudiet i kapittel 2 er utført. Litteraturstudiet i forkant er derfor en potensiell feilkilde ved at det kanskje ikke har avdekket at de antatt nye ideene som presenteres i dette arbeidet, ikke er nye.

10 | Konklusjon og anbefalinger

Konseptutredningen som er utført i denne masteroppgaven presenterer både kjente og nye kollektivprioriterende vegkryss- og vegstrekningskonsepter. Alle konseptene som er utredet svarer på oppgavens problemstilling på hver sin måte, ved å utforske løsninger der kollektivtransport har førsteprioritet. Annen trafikk vil også ha gode trafikkforhold, men vil oppleve at buss skal frem først og at de selv kommer i andre rekke. Arbeidet har resultert i 12 forskjellige konsepter, der flere av disse er lovende for casestrekingen langs Rv.80 i Bodø.

Utforming av nye løsninger som øker kollektivtransportens konkurransevne med andre transportmidler, er viktig på veien mot en bærekraftig fremtid. Dette arbeidet har bidratt med nye løsninger for vegkryss og vegstrekningskonsepter. Løsningene er presentert i konseptene 1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 4.3, 5.1 og 5.2. Dette er konsepter som i ulik grad bygger på kjente konsepter, men tilfører nye utforminger og ideer. Konsept 2.1 Avlang rundkjøring og 2.2 Snukryss anses som de mest realistiske konseptene med tanke på praktisk gjennomførbarhet. Dette er løsninger som effektiviserer venstresvingende trafikk ved å redusere antall svingebevegelser i ulike deler av konseptene. Konseptene har gitt meget gode simuleringsresultater, noe som tyder på at de kan håndtere større trafikkvolumer enn de fleste andre konseptene. En utfordring for konsept 2.1 er at de modellerte venstresvingene på casestrekingen har meget lav svingradius. Dette avhenger av stedsspesifikke forhold. En vurdering av hva som er akseptabel svingradius må gjennomføres for hver enkelt situasjon der konseptene er aktuelle. Konsept 2.2 har ulempen med at tilnærmet fri flyt forhold i vegsystemet, ikke gjør opp for ekstra kjøreavstand i denne caseoppgaven. Dette kom frem i lenkeanalysen og gjør at denne løsningen ikke kan anbefales for casesystemet. Løsningen i konsept 2.2 anses likevel som en meget god løsning hvis den tilpasses trafikkbehov og stedlig geometri på en god måte.

En fordel med konsept 2.1 og 2.2 er at de i likhet med konsept 3.2 Vanlig rundkjøring, oppnår kollektivprioritering i vikepliktsregulerte vegsystem. Dette er en viktig egenskap

som gir disse konseptene et fortrinn i en vurderingsprosess mot signalregulerte løsninger, ved at man ikke trenger signalanlegg.

Konsept 1.2, 4.1 og 5.1 er de som har fungert dårligst i dette arbeidet. Det anbefales ikke å gå videre med disse for casestrekningen. Signalreguleringen av kryssene viste seg å være utfordrende og løsningene som er presentert, opplever køproblemer i større grad enn andre resulterende konsepter. Ideen bak disse konseptene 1.2 og 5.1, er å flytte venstresvingende trafikk over i, eller på venstre side av kollektivfelt frem mot krysset. Dette er en ide som kan være aktuell å anvende andre steder og med bedre regulering av kryssene.

Arbeidet konkluderer videre med at bruk av midtre kjørefelt på en trefeltsveg som toveis kollektivfelt, er realiserbart i praksis. Konsept 1 Ett midtstilt toveis kollektivfelt og konsept 5.2 Signalregulert Avlang rundkjøring for caseområdet bekrefter dette, men at en slik bruksendring blant annet krever gode siktforhold og stiller større krav til bussjåførens kjøreegenskaper. Det vil også kreves grundigere undersøkelser av hvordan dette fungerer i praksis, enn det som fremgår av dette arbeidet. Konseptene er derfor aktuelle konsepter for casestrekningen, men kan ikke utelukkende anbefales bare på bakgrunn av dette arbeidet.

En reduksjon fra 3-2 kjørefelt på casestrekningen viser seg å være relativt problemfritt, basert på simuleringsresultatene med estimert fremtidstrafikk. Modellene med 2 kjørefelt viser likevel at deler av strekningen Grønnåsenkrysset - Skeid må beholdes som 3-felt, der to felt går inn mot Grønnåsenkrysset permanent. Dette må gjøres for å håndtere rushtrafikk på formiddagen (15:15 - 16:15). Kryssområdene må også være i den størrelsesorden de er i dag, til tross for trafikkreduksjonen vegstrekningen vil oppleve. Dette vil avhenge noe av hvilket konsept som velges. En viktig fordel med reduksjon av antall kjørefelt er at det blir enklere å bygge sykkelveg langs casestrekningen.

Arbeidets formål har vært å foreslå gode løsninger for fremtidig bruk av casestrekningen. For casestrekningen anbefales det derfor å gå videre med konsept 2.1 Avlang rundkjøring, konsept 3.2 Vanlig rundkjøring eller konsept 4.2 Signalregulert rundkjøring med midtstilte kollektivfelt gjennom sentraløy. Det er fordi disse konseptene jevnt over leverer gode resultater på trafikkavvikling, har høy kapasitet, har lav usikkerhet i forhold til gjennomføring og gir kollektivtrafikk et løft mellom Hunstadmoen og Skeid. Dette er konsepter som egner seg godt for reduksjon av antall kjørefelt og gjør det enklere å legge inn sykkelveg langs vegstrekningen. Konsept 3.1 Vanlig signalregulerte kryss er også et godt alternativ, men anbefales ikke i samme grad som de tidligere nevnte, fordi det har lavere kapasitet og større sjanse for køproblematikk på sikt.

11 | Videre arbeid

Det er mange muligheter for videre arbeid med konseptene presentert i denne oppgaven. For det først er alle konseptene modellert og simulert med manglende kalibrering og validering. Det kan derfor utføres ytterligere arbeid på dette for de konseptene som er aktuelle for oppgavens caseområde og spesielt for andre områder der noen av disse konseptene vurderes.

Arbeidet i denne masteroppgaven går ikke i dybden på hvordan konseptene egentlig skal gjennomføres i praksis. Her er det rom for mye videre arbeid for hvert konsept. Dette går på for eksempel grundigere sikkerhetsvurderinger og vurdering av nødvendige dimensjoner på fysisk utforming.

En del av oppgaven har vært å legge tilrette for syklist og fotgjenger. Det har ikke vært arbeidet mye med dette da tilrettelegging for kollektivtransport har vært oppgavens hovedfokus. Videre arbeid for å øke sykkelandeler i caseområdet kan være studier av hvordan syklist beveger seg i dette området. Det vil være aktuelt å vurdere hvor stor innvirkning en sykkelveg langs casestrekningen faktisk har. Det er som nevnt i diskusjonens delkapittel 9.6 om gang-/sykkelforhold, ikke sikkert at en sykkelveg her gjør det enklere å velge sykkel som transportmiddel. Dette kommer av stedlige helsningsutfordringer og at gamle sykkelruter fremdeles kan være de enkleste å benytte. En helningsanalyse i GIS med fokus på minste motstands veg for syklist i caseområdet og gjerne fra tilstøtende bydeler, bør gjennomføres.

Det kan være interessant å prøve ut løsningene som foreslås i de ulike konseptene mindre skala. På denne måten kan man teste ut og samle erfaringer om hvordan konseptene fungerer. Dette vil bidra til å belyse uforutsette problemstillinger, noe som er svært viktig hvis et konsept blir vurdert å ta i bruk.

Testing av konsept 1 i tilnærmet fullskala på eksisterende veg uten midtstilte busstopp, kunne vært interessant. Casestrekningen er ideell med tanke på utprøving av konseptet i

praksis, for eksempel når Bodøtunellen åpner. En slik test kan være interessant uansett om konseptet er aktuelt eller ikke. Dette vil gi kunnskap om for eksempel utfordringene med møtende busser som sikt, møtehastighet, førernes trygghetsfølelse, passasjerenes opplevelser, andre kjøretøys oppførsel og mer.

I mange av konseptene foreslås at fotgjengere skal krysse primærvegen med fotgjengerfelt, for å komme til ventearealet på bussholdeplassene. Her kan det arbeides videre med løsninger som forbedrer sikkerheten til alle trafikanter som skal passere dette fotgjengerfeltet.

En utfordring i trafikkmodelleringsarbeidet i denne oppgaven har vært signalreguleringen av vegkryssene. I SIDRA har det vært mulig å bruke funksjonen *Optimum Cycle time*, noe som har forenklet dette, men gir resultater som er bedre enn det er mulig å få til i virkeligheten. I Aimsun er signalplanene stilt inn manuelt, uten annen bekreftelse på hvor gode de er, enn hvor godt trafikken virker å flyte i animert simulering. Videreutvikling av signalplanene som er brukt i dette arbeidet vil potensielt forbedre flere av konseptene i dette arbeidet.

En begrensning i denne oppgaven er det definerte caseområdet. Det har vist seg i simuleringsresultatene at noen av konseptene påvirker andre deler av vegnettet utenfor caseområdet i form av kø. Videre arbeid bør derfor ta for seg et større studieområde som omfatter det aktuelle konseptets påvirkning av vegnettet rundt casestrekningen.

Avslutningsvis kan det nevnes at simuleringsresultatene for konseptene 2.1, 2.2 og 5.2 indikerer at disse er i stand til å håndtere mye større trafikkvolumer enn de som gjelder for casestrekningen. Det kan derfor være aktuelt å studere disse konseptene for å finne hvor høy kapasitet de egentlig har. Viser det seg at disse konseptene håndterer trafikkvekst mye bedre enn alternative løsninger som vanlige lyskryss eller rundkjøringer, vil dette underbygge deres verdi som nyheter. Det kan for eksempel tenkes at konsept 2.2 vil lønne seg i lengden, til tross for ekstra reisetidsbelastning for trafikken i nåtid. Fremtidig reisetid gjennom et konsept som 2.2, kan kanskje vise seg å være bedre enn i et konsept som for eksempel 3.1, med høyere trafikkbelastninger enn det som er benyttet i denne casestudien.

12 | Avslutning

I dette avsluttende kapittelet redegjør jeg for personlige erfaringer med masteroppgaven. Alt i alt har arbeidet med denne oppgaven har vært spennende, engasjerende og til tider stressende. Prosjektoppgaven fra høsten 2016 gjorde det mulig å starte i januar med problemstilling, ideer og rammer for masteroppgaven. Dette har vært avgjørende for at oppgaven har vært gjennomførbar i det omfanget jeg har ønsket. Ettersom dette arbeidet er utført som en konseptutredning har det vært mange muligheter og vanskelig å avgrense arbeidsmengden. Problemstillingen ble konkretisert fra å omfatte prioritering av miljøvennlig transport i prosjektoppgaven til å fokusere på kollektivprioritering i masterarbeidet. Dette har vist seg å være en tilstrekkelig innskrenkning av oppgavens omfang.

Jeg kom tidlig igang med datainnsamling fra trafikktelling og andre kilder i januar. Dette gjorde at datagrunnlag var tilgjengelig i starten av februar og trafikkmodelleringen kom relativt raskt igang. Det ble derfor klart på et tidlig stadium av modelleringen, at SIDRA INTERSECTION kom til noe kort for dette arbeidet.

Arbeidet i Aimsun kom derfor igang i februar, noe som viste seg å være svært viktig for å få tid til modellering av alle konseptmulighetene som tok form gjennom skisseringsarbeidet. Tidsplanen som ble foreslått i prosjektoppgaven ble nogenlunde overholdt, men tidsbruk i simuleringsprogrammet Aimsun var kraftig undervurdert. Denne prosessen har vært basert på egenopplæring og ville tatt enda lengre tid uten oppklarende innspill fra Arvid Aakre og Erlend Hoksrud Aakre.

Et problem med trafikkdataene for kjøretøy var at tellingen av hvert kryss foregikk på to forskjellige dager. Dette førte til at de trafikk tallene som ble benyttet i starten av mars, måtte endres på mot slutten av mars. Dette førte igjen til ekstra tidsbruk som kunne vært unngått om dataene ble innhentet på samme dag og anvendt i modellene på riktig måte fra starten av. Generelt har jeg erfart at grundig planlegging av hvilke data som trengs, hvordan disse skal innhentes og hvordan de skal anvendes, er essensielt for å oppnå gode trafikksimuleringsmodeller.

En viktig erfaring jeg tar med meg videre fra dette arbeidet er at det lønner seg å starte tidlig med skrivearbeid. Det ble tatt notater underveis, men jeg burde skrevet mer utfyllende med en gang og ikke utsatt dette til fordel for mer tid til engasjerende modelleringsarbeid.

Del II - Vitenskapelig artikkel

New ideas for public transport prioritisation

Lars Jørgen Sandvik and Arvid Aakre

NTNU - Department of Civil and Transport Engineering

Abstract

Public transport is becoming increasingly important to cope with the traffic growth the world is experiencing. The zero growth target "*Nullvekstmålet*" (NTP, 2014) is a Norwegian political objective. It means that traffic growth will be taken by other modes of transport than car. In Norway, this means that the conditions for bus, bike and walking must be rectified. In this work, the focus is therefore on prioritised movement for bus. This is because this mode of transport is the one most capable of competing with cars. This is done by investigating innovative solutions that favors bus, through physical design and intelligent transport systems. The work is based on a stretch of road in Bodo, Norway. This stretch is approximately 2.5 km long, consists of three rush hour regulated lanes, has two junctions and is exposed to a daily traffic of up to 31 000 vehicles. In 2019, a new tunnel through the area will be completed. The tunnel is estimated to take up to two thirds of the traffic from the old road. This provides a future situation that is freeing up road capacity and provide new opportunities for area utilisation. Innovative intersection and stretch solutions has been outlined through this work. New intersection designs with names like The Roundalong and The Turnabout have shown promise and is described in this paper. A stretch solution that utilises the centre lane on the three lane road as a single bus lane, with busses in both directions, is also assessed. A few existing conventional solutions has also be taken into consideration, as basis for comparison. The developed solutions has been subject to traffic modelling and simulation, using obtained traffic data for the current situation in Bodo and analysis of the future situation. The results consist of illustrations and comparison of the developed concepts. The concepts are then discussed on their effect on traffic flow and feasibility in terms of traffic safety in the solutions, future prospects and usefulness to society. The article concludes by naming the most promising concept and recommends further research on the concepts.

Keywords: Public transport, The zero growth objective, Prioritised navigability, Traffic engineering, Aimsun.

Introduction

Public transport is becoming increasingly important in a world where sustainable transport advances on the political agenda. In Norway, this is becoming increasingly apparent, especially in the larger cities. Public transport services are constantly evolving and new ideas to improve public transport are usually embraced.

In this case study the aim has been to develop and suggest alternatives for the road mentioned in the abstract. The main research question has been: *How can public transport get absolute priority at intersections?*. The main goal has been to develop innovative intersection and road systems that are realisable in practice.

This article presents the most interesting results of the case study done in this master's thesis. The results are concept illustrations and comparisons of different traffic simulation results from Aimsun. The developed concepts presented here focuses on one of the junctions mentioned in the abstract. This junction is illustrated in 2- and 3D.

The traffic simulation results presented are network data from traffic models of each concept. Each concept model consists of the entire case area, using the concept intersection design in both junctions. The results from network simulation do not provide specific information about the intersection solutions. They do however illustrate how this road system works with each of these new intersection designs. A path analysis based on the network results presents specific information about the junction mentioned. This is specific results from this junction with all the different intersection designs presented in the concepts. Traffic data used for simulations is site specific and will not be presented in this article.

The concepts are discussed at the end, based on the simulation results and road safety, based on the Norwegian Public Roads Administration (NPRA) handbook *Håndbok V721 Risikovurdering i vegtrafikken* (Vegvesen, 2014b) and the report *TRAFFIC SAFETY ON BUS PRIORITY SYSTEMS* (Institute, 2014).

Method

The research methods used in this work has been literature study, data collection, concept investigation and traffic simulation. The study started out with a literature research aiming to learn about public transport prioritising measures at intersections. This knowledge of what is happening around the world has been used as inspiration for a sketching phase to come up with new solutions. Inspirational sources of note is *Designing Bus Rapid*

Transit Running Ways (APTA, 2010), *Kollektivtransport - Utfordringer, muligheter og løsninger for byområder* (Vegvesen, 2007b), *Alternative Intersections* (Intersections.org, 2017), *Bus Priority* (Higginson, 1999), *Superbusskonsept og midstilt kollektivfelt - Rapport nr.312* (Vegvesen, 2014c), *Gatekryss i bysentrum - Tilrettelegging for og prioritering av gående, syklende og/eller kollektivtrafikk* (Vegdirektoratet, 2011), *ITS i kollektivtrafikken, SINTEF Teknologi og samfunn-RAPPORT* (SINTEF, 2006) and *Håndbok V123 Kollektivhåndboka - Tilrettelegging for kollektivtrafikk på veg og gate* (Vegvesen, 2014a).

Sources of technical design demands have been the NPRA's handbook *Håndbok V121 - Geometrisk utforming av veg- og gatekryss* (Vegvesen, 2013) and report *Rapport nr.519 - Plassering og utforming av kollektivfelt* (Vegvesen, 2016).

The sketches are basis for the concept study that has been done through traffic modelling and simulation using traffic modelling software Aimsun (TSS, 2016). The quantitative traffic data needed for traffic modelling was gathered through traffic counting, sources at the NPRA, the county bus operator Nordlandsbuss and Nordland county administration. To find an estimate for the future traffic situation of the case area, a percentage of traffic reduction due to the new tunnel was calculated. Then traffic growth over a 20 year period was calculated based on numbers of expected traffic growth in Nordland county. These factors were applied to the gathered traffic data for the current situation and constitutes the future traffic demand used in the models. The simulation results presented here, come from the estimated traffic situation in the case area during rush hour after 20 years.

The traffic modelling and simulation process has followed the procedure described by the Swedish Transport Administrations handbook *Handbok för kapacitetsanalys med hjälp av simulering* (Trafikverket, 2014). It also partially builds on chapter 10 on traffic simulation, in *Monograph on traffic flow theory* (Gartner, 1997). The presented simulation results are travel time, delay time, stopped time and a path analysis through one of the two junctions mentioned.

Results - Developed concepts

All the 2D figures of the concepts are oriented towards north (N).

In all concept figures the yellow parts of the lanes are bus stopping areas. The green rectangles are signal lights and the blue rectangles are traffic detectors. Pedestrian waiting areas are orange.

Concept 1 in figure 1 and 2 shows how the intersections are modelled in a system with two-way public transport in the centre lane on the three lane road.

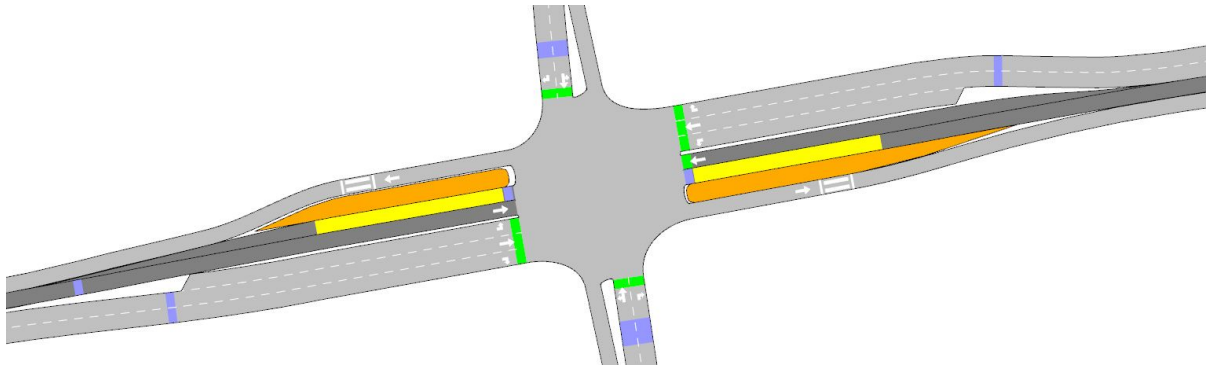


Figure 1: Concept 1 - Intersection area of a single two-way bus lane system

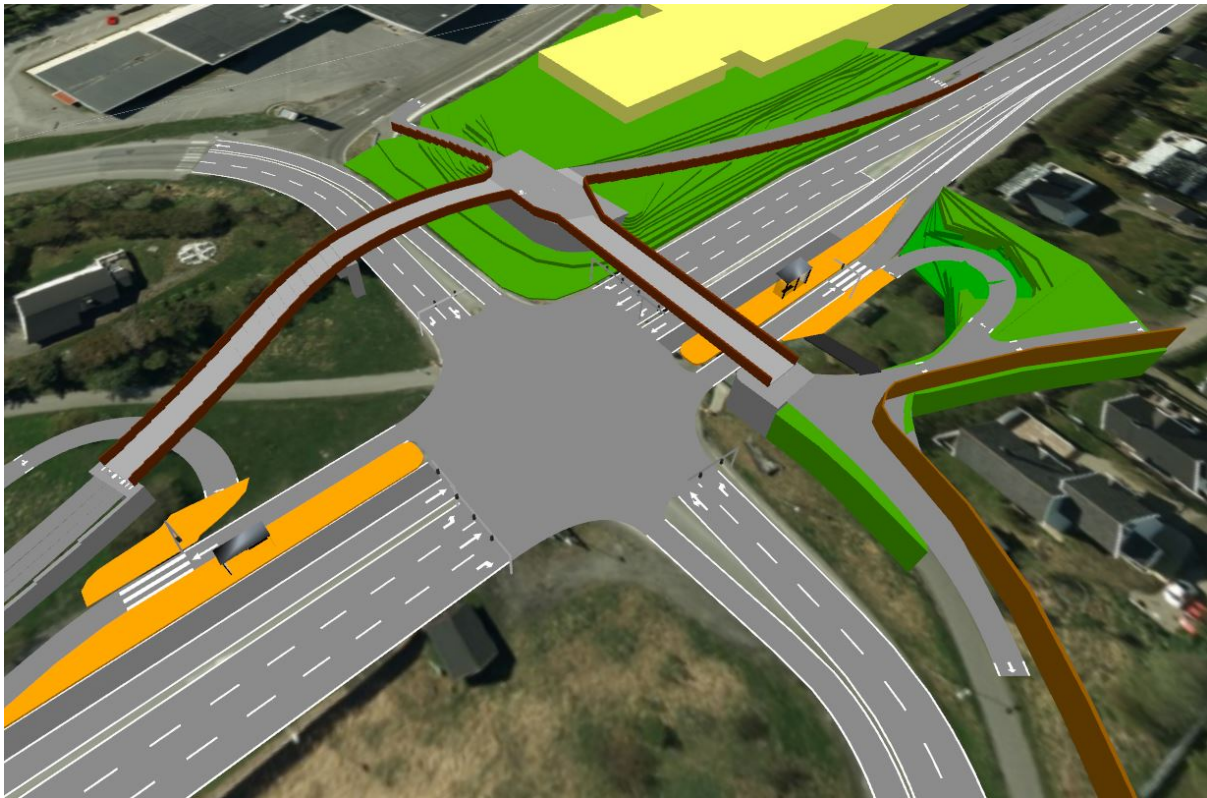


Figure 2: Concept 1 - Intersection area of a single two-way bus lane system in 3D seen from northeast

Concept 2 in figure 3 and 4 shows how a roundabout with bus lanes through the centre island as described in the Norwegian Public Road Administration's report on intersections in urban areas (Vegdirektoratet, 2011), can be evolved.

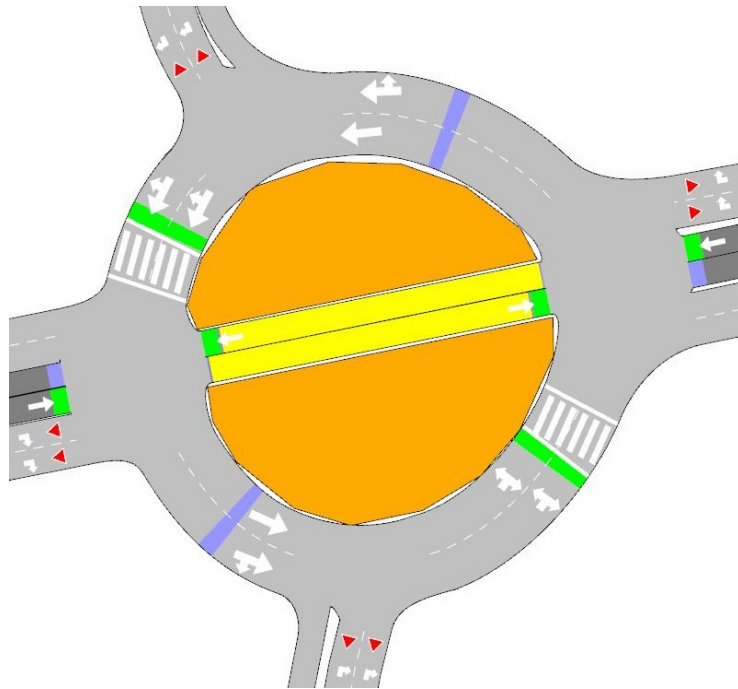


Figure 3: Concept 2 - Signalised roundabout with bus stop in the centre island



Figure 4: Concept 2 - Signalised roundabout with bus stop in the centre island in 3D seen from northeast

Concept 3 in figure 5 is called The Turnabout because it combines roundabout design and u-turn properties.

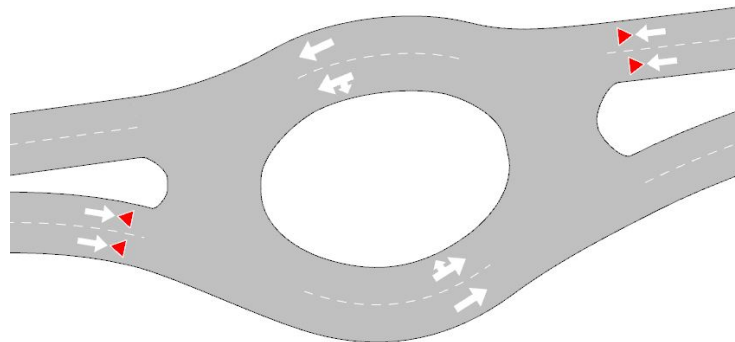


Figure 5: Concept 3 - The Turnabout

Figure 6 and 7 illustrates how these turnabouts is used in this thesis. The design is a result of site specific conditions and inspired by Thru-turn intersections described at the web page Alternative Intersections (Intersections.org, 2017). The T-intersections between the turnabouts is where the previous intersection were. Now these intersections only allow right turn and straight ahead movement. It is suggested to designate the right lane from the dark grey section of the T-intersections on the primary road to busses. This gives some priority to busses and traffic from the secondary roads only need to give way to busses before entering the primary road.

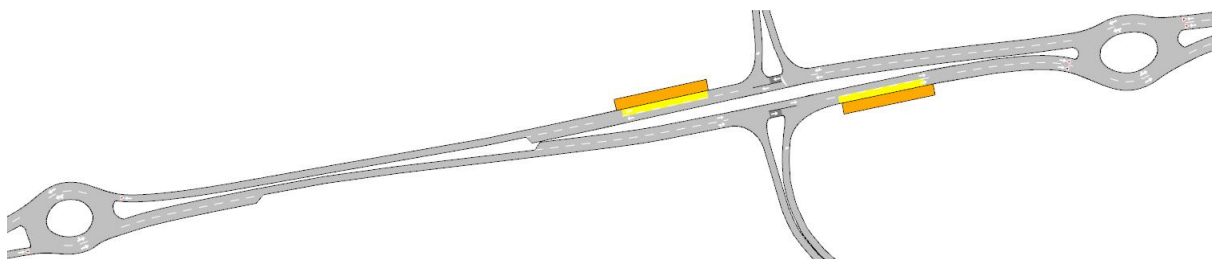


Figure 6: Concept 3 - Turnabouts as a road stretch solution



Figure 7: Concept 3 - Turnabouts as a road stretch solution in 3D seen from the north

Concept 4 in figure 8 shows how The Roundalong is modelled. The bus lane solution described in concept 3 is part of this concept as well.

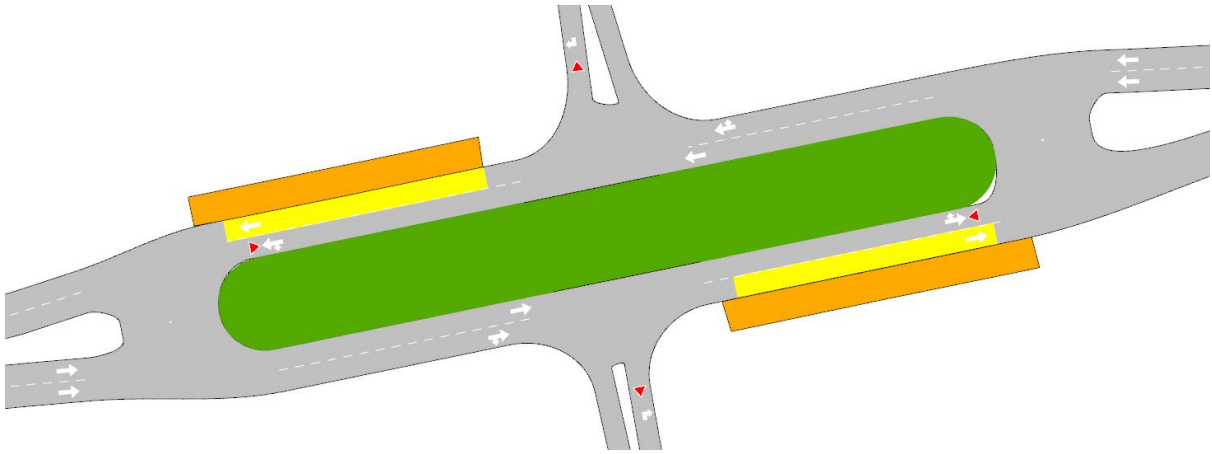


Figure 8: Concept 4 - The Roundalong

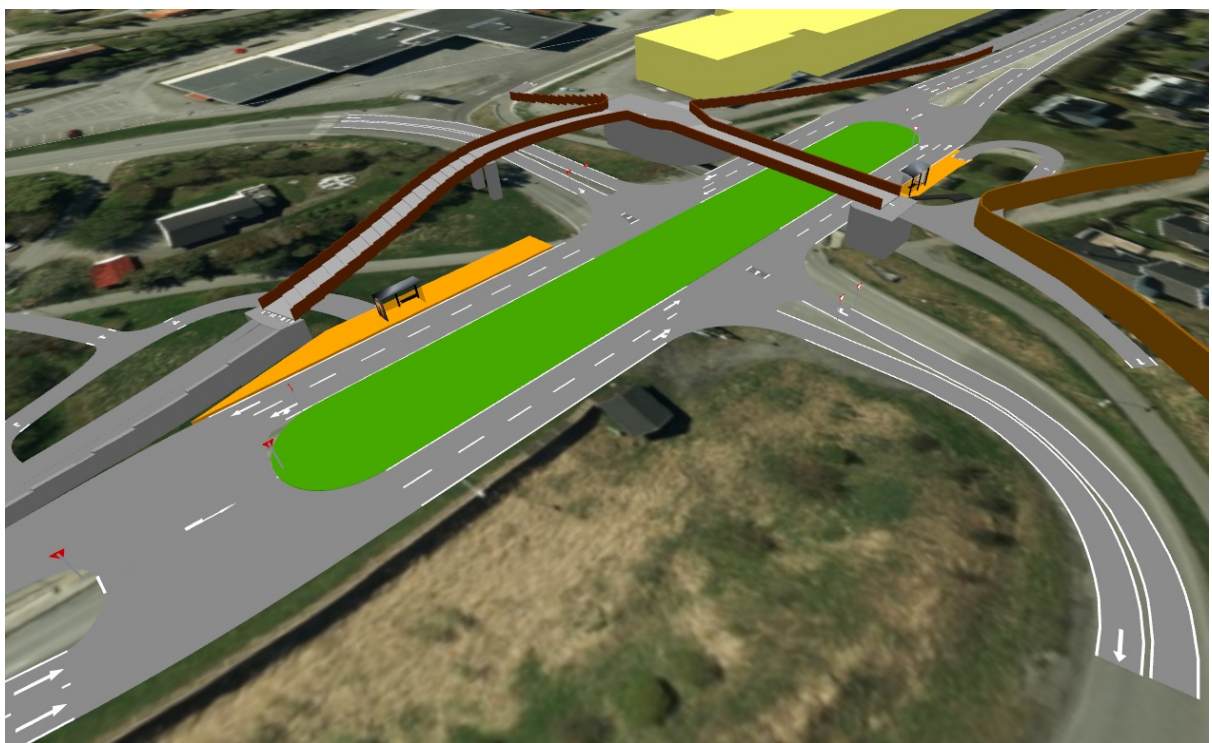


Figure 9: Concept 4 - The Roundalong in 3D seen from northeast

Concept 5 is shown in figure 10. The concept is a way to further utilise the roundabouts potential. The turning movements in the T-intersections are more defined.

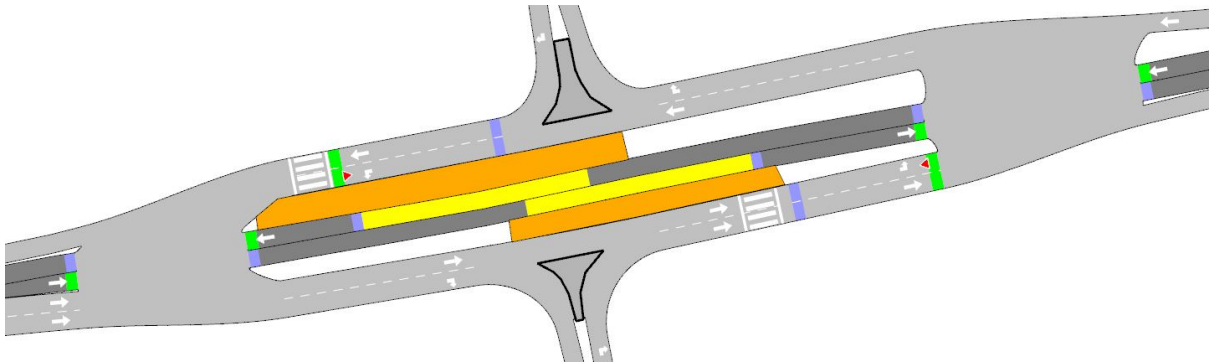


Figure 10: Concept 5 - Signalised Roundalong

Other comparable concepts are standard intersection designs that are also evaluated are normal signalised intersections and normal roundabouts. Normal signalised intersections for both junctions of the case area is the closest this work gets to a zero alternative and is denoted 0 - S. Normal roundabouts are denoted 0 - R.



Figure 11: Concept 0 - S - Signalised intersection in 3D seen from northeast

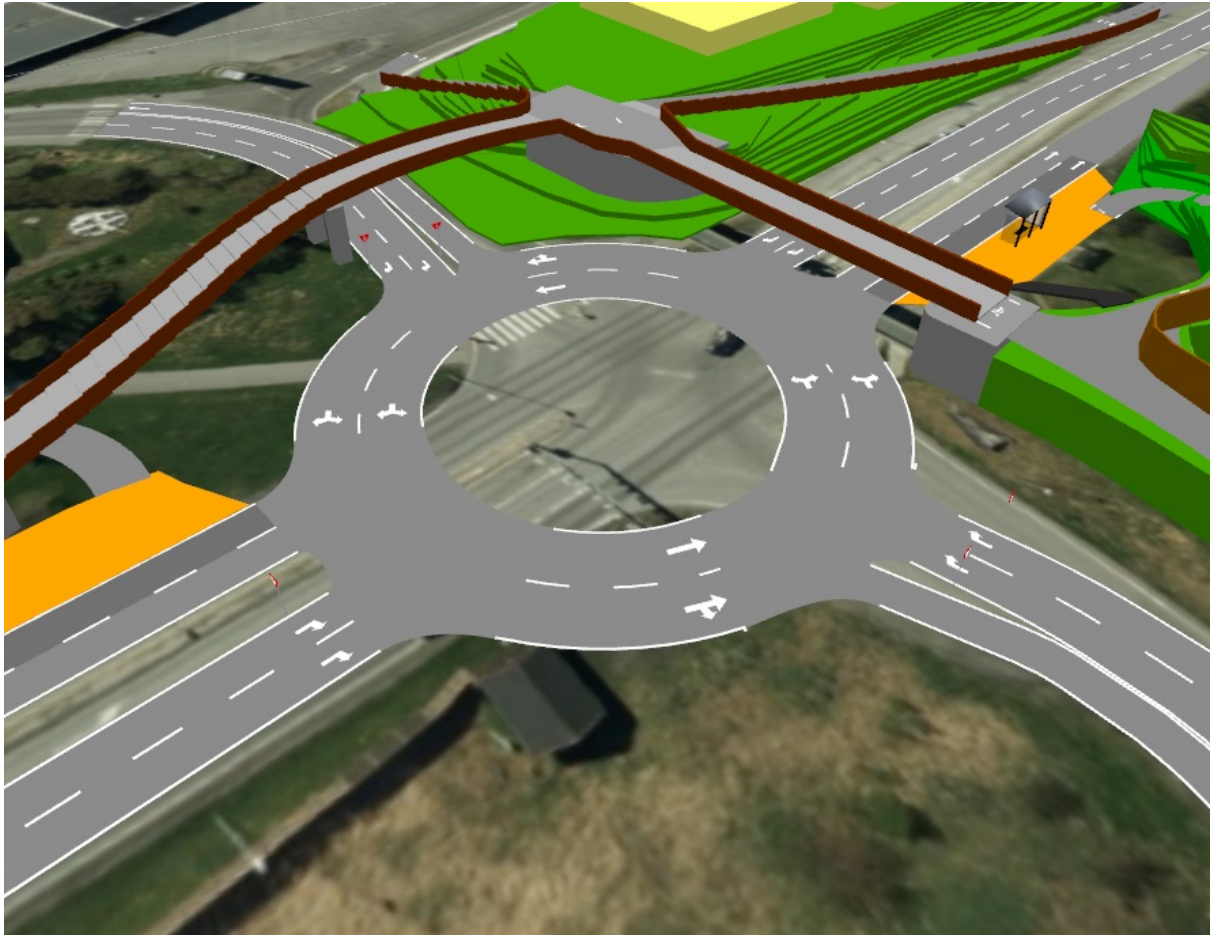


Figure 12: Concept 0 - R - Signalised Roundalong in 3D seen from northeast

Results - Network results from the simulations

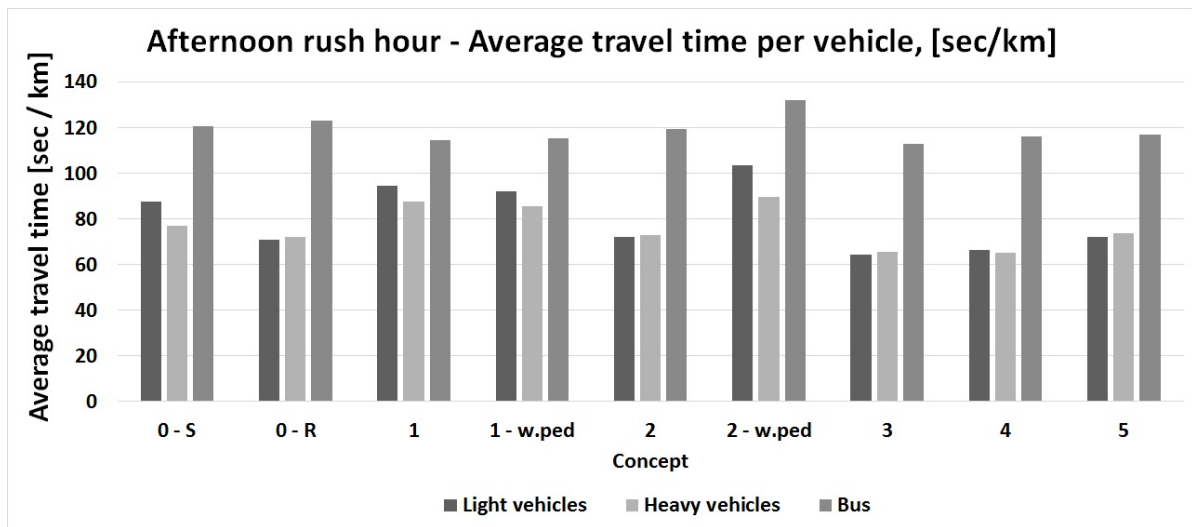


Figure 13: Average network travel time in the future traffic state per vehicle

Travel time is defined as the average time a vehicle needs to travel one kilometre inside the network. This is the mean of all the single travel times for every vehicle that has crossed the network, converted into time per kilometre, (TSS, 2016).

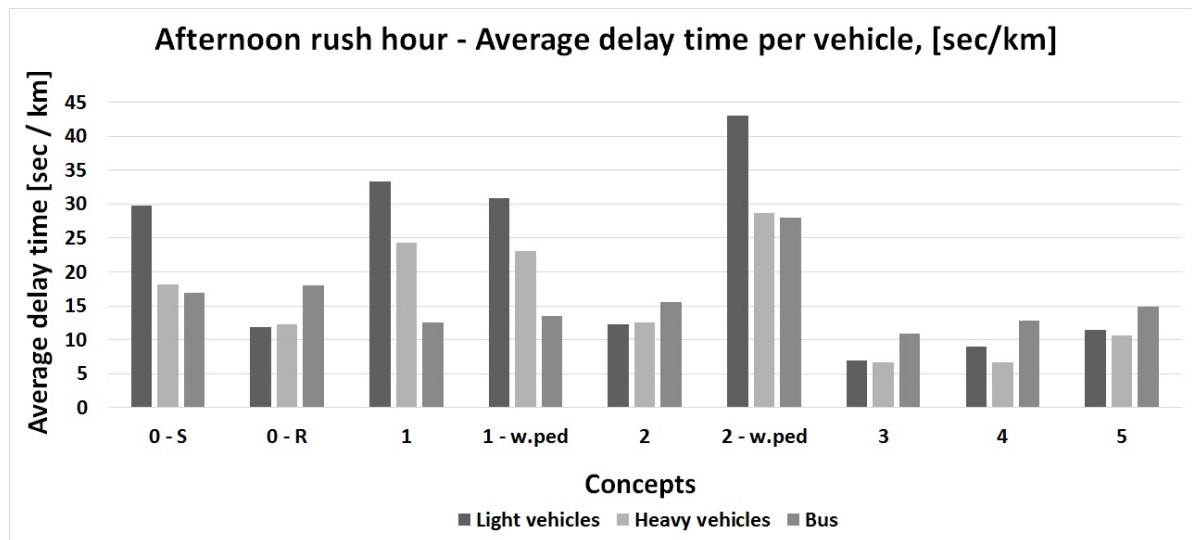


Figure 14: Average network delay time in the future traffic state per vehicle

The delay time is the average delay time per vehicle per kilometre. This is the difference between the expected travel time and the actual travel time. It is calculated as the average of all vehicles and then converted into time per kilometre, (TSS, 2016).

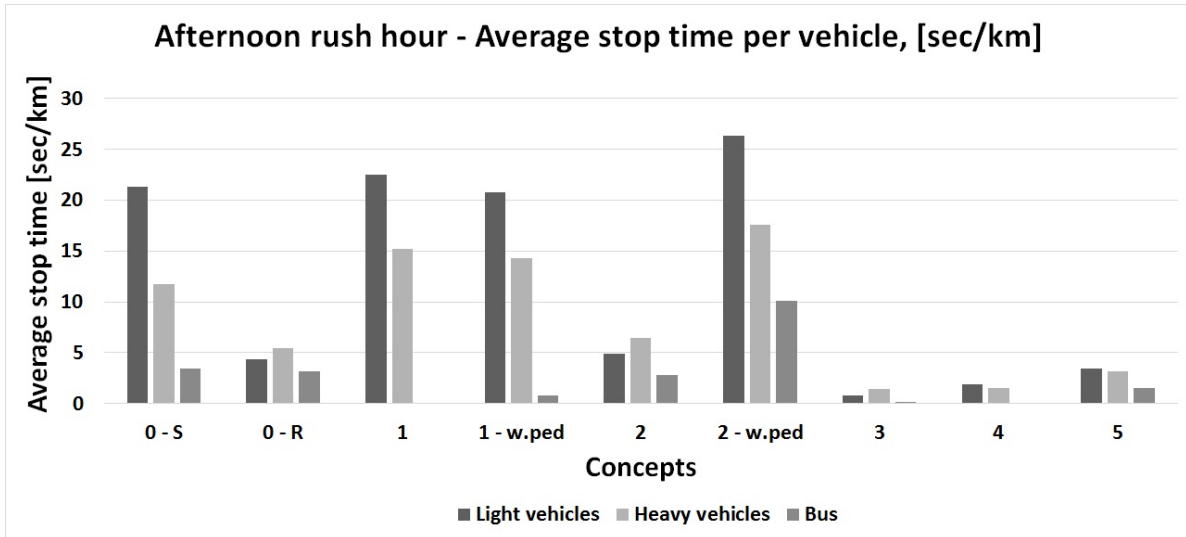


Figure 15: Average network stop time in the future traffic state per vehicle

Stop Time is the average time at standstill per vehicle per kilometre, (TSS, 2016).

Table 1: Denotation descriptions

Concept Abbreviation	Concept Number	Concept Name
0 - S	-	Standard signalised intersection
0 - R	-	Standard roundabouts
1	1	Intersection area of a single two-way bus lane system
1 - w.ped	1	Concept 1 with pedestrians
2	2	Signalised roundabout with bus stop in the centre island
2 - w.ped	2	Concept 2 with pedestrians
3	3	The Turnabout
4	4	The Roundalong
5	5	Signalised Roundalong

Results - Path analysis from the simulations

Pathanalysis				
Best	Second best	Third best	Fourth best	Worst
Consepts	Path	Distance [m]	Traveltime [s]	Speed [km/h]
0 - S	W - N	1114	104	38
0 - R		1169	81	52
1		1119	130	31
1 - w.ped		1119	119	34
2		1211	85,4	51
2 - w.ped		1211	90	48
3		1475	97	55
4		1239	84,8	53
5		1254	93	49
Consepts	Path	Distance [m]	Traveltime [s]	Speed [km/h]
0 - S	N - E	1897	143	48
0 - R		1942	133	52
1		1901	168	41
1 - w.ped		1901	169	40
2		1948	138	51
2 - w.ped		1948	272	26
3		2591	166	56
4		2028	150	49
5		2013	167	43
Consepts	Path	Distance [m]	Traveltime [s]	Speed [km/h]
0 - S	S - W	1121	84	48
0 - R		1175	86	49
1		1127	96	42
1 - w.ped		1127	102	40
2		1297	93	50
2 - w.ped		1297	108	43
3		1497	102	53,0
4		1248	85	53,1
5		1259	101	45
Consepts	Path	Distance [m]	Traveltime [s]	Speed [km/h]
0 - S	E - S	1902	133,7	51,2
0 - R		1951	134,4	52,3
1		1912	154	45
1 - w.ped		1912	157	44
2		2022	142	51,4
2 - w.ped		2022	156	47
3		2596	171	55
4		2031	141	51,9
5		2013	169	43

Figure 16: Centroids of the path analysis of the intersections, North (N), South (S), West (W), East (E)

Discussion

The focus of this study has been to develop and simulate new bus prioritising intersection designs, to be suggested for the stretch of road mentioned in the abstract. The results presented here show the most promising concepts developed. The results in figure 13, 14 and 15 shows how the concepts compare in the same study area and with the same traffic demand. A few of these are modelled and simulated with simplified pedestrians in Aimsun. This was done by adding some assumed pedestrian demand on the pedestrian crossings. To get better results of pedestrian influence on traffic flow in the concepts, accurate pedestrian movement data should be gathered.

Remark: Rush hour traffic is moving from west - east in the results presented.

Concept 1 - Intersection area of a single two-way bus lane system

In concept 1, the main challenge, especially with regard to traffic safety, has been to solve the meeting of two busses along the single bus lane. In this case the road is relatively straight and the drivers have sufficient line of sight. Since the busses can move over to the mixed traffic lane next to it, the concept is proposed as give way regulated along the three lane road. Busses moving with rush hour traffic is given right of way. There are other ways of regulating this centre lane, but a give-way solution will increase degree of utilisation. The model in this work uses two road sections atop each other for bus traffic in both directions. This means that the results of concept 1 does not account for the extra time use of yielding busses. How much this extra time use will affect these results depend on traffic in the mixed lanes and how often busses need to give way. This is a weakness in the results for concept 1. The results does however show that bus gets almost no stopping time and lower delay time than other vehicles. Busses get one of the best travel times in this concept compared to the the others. Figure 13 shows that bus travel times are significantly higher than for other traffic. This travel time includes time at bus stops and therefore shows too high travel times. A test of no stopping time at bus stops on concept 1, showed average travel time of about one minute per kilometre for bus. This is the defined speed limit of the primary road and goes to show that busses have only themselves as obstacles in concept 1.

The results of the path analysis in figure 16 show that left turning traffic coming from west towards north get's very low priority. The average travel time per vehicle is even much lower than concept 3 (The Turnabout), which has significantly longer driving distance. Concept one fares quite well on distance due to its design. All other turning movements

in this path analysis are descent compared to other concepts.

In general concept 1 is a good solution, but the left turning traffic coming from west during rush hour have long waiting times. This can cause queuing problems and the dissolution of this movement must be improved in optionally further work.

Concept 2 - Signalised roundabout with bus stop in the centre island

Concept 2 adds and utilises more of the roundabouts area. The concept separates from similar designs in that busses are prioritised in two phases. This means that only one part of the intersection is directly affected at the time and other traffic movements are still in motion. The design also gives pedestrians less walking distance when using the bus stop, compared to bus stops outside the intersection. The idea is for the pedestrians to be able to cross the bus lanes inside the centre island. This would require sufficient line of sight, markings and stopping distance for busses. The main challenges in this design are then the pedestrian crossings, length of bus stop area and lines of sight. The pedestrian crossings needs to be signal regulated and the signals need to be easily visible to drivers. The speed limit should be adjusted downwards to increase traffic safety. It is also suggested by the World Resource Institute in their report (Institute, 2014), to add speedhumps and lanemarkings to make drivers to slow down. The length of the bus stop area needs to be assessed with regard to the number of busses stopping there at the same time. It is essential that busses stopping here does not affect circulating traffic physically. Adding activity to the centre island might bring issues concerning the drivers line of sight. Busses will have a wall like effect in the centre island and could for instance present a challenge. Pedestrians could also become obstacles of sight lines. There will also be a risk of pedestrians taking shortcuts through the circulation area. This will need closer evaluation.

A look at the resulting time measurements show that pedestrians have a significant impact on traffic flow in this concept. On average delay time there is approximately a doubling for all vehicle types and on stop time it is even more. This is due to queue formation backwards along the primary road from a smaller version of concept 3, used in the other case system intersection. This smaller version had only one entrance lane for mixed traffic, which gave queuing and prevented busses from using their designated lanes through the intersection. The version in figure 3 however works out well on traffic management, receiving level of service grade A on all road sections in the model, but one. This last one got level of service grade D, but was prohibited by the rush hour traffics direction.

This is also shown in the path analysis in figure 16. Here traffic from S-W has the highest average travel time of the compared concepts. This is actually not that bad considering that the other concepts results are close to the same average travel time, because traffic there as well is obstructed by rush hour traffic. On average travel time concept 2 performs worse than the other concepts. Adding sufficient entrance sections to this intersection would probably solve the queuing problem described here, and give decent traffic quality.

The path analysis further shows that traffic moving from N-E has very low speeds and the worst average travel time. This is because of the added pedestrians. Without pedestrians, the concept performs just as well as the others. With the pedestrians and the presented junction being the first of two of these for N-E traffic in the case area, there will be quite some extra travel time.

Concept 3 - The Turnabout

Concept 3 in figure 5, 6 and 7, is a way to use give way regulation on the whole case road. The goal has been to give traffic free flow conditions by moving turn conflicts and restricting turning movements. In this concept traffic on the primary road only gives way to left turning traffic and traffic coming from the secondary roads only give way to busses. The concept shows the best average travel time, lowest average delay time and close to no stopping time. This indicates high travel speeds, but is measured in [sec/km] which does not include the extra driving distance caused by the system. The path analysis results confirms that this concept is more time consuming from point to point, than most of the other concepts. For instance figure 16 shows that concept 3 has the longest driving distances of all the analysed paths. On the other side concept 3 has the best speed on three out of four analysed paths. The worst speed registered for the concept is 53 km/h as average travel speed S-W during rush hour, which is marked as the second best speed on this path. Although the travel times in the path analysis are among the worst, they are not far from the travel times of well performing concepts. This will however depend on where the turnabouts are placed in the road system. Placement of the turnabouts is site specific, but should be determined as a function of traffic demand on the involved turning movements. These results further indicate that concept 3 might have significant throughput potential, compared to the other concepts. It might even be acceptable with longer driving distances in order to avoid queuing.

On traffic safety this concept does not have any significant issues. There are no pedestrians crossing the main road and the only conflicting movements are when right turning

traffic from the secondary roads, give way to busses. The turning radius of the turnabouts will increase traffic safety in these intersections when adjusted upwards.

Concept 4 - The Roundalong

Concept 4 presents The Roundalong. This concept has shown some of the best results all over. It matches concept 3 on all three time measurements presented in this article. A challenge in this concept has been the left turns. The way it is modelled in figure 8 works well for this study, but there has been some queuing in the left turning lanes. This would work out a bit different in practise, with left turning vehicles waiting on gaps in the turning area rather than in front.

The path analysis in figure 16 shows that concept 4 has among both the best travel times and speeds of all the compared concepts. Even though driving distance is a bit higher than in many of the other concepts, the high speeds and low average travel times indicates very good traffic management. An important observation here is that concepts 0-S and 0-R gets very good travel times, but relatively low speeds, compared to concept 4. This is because of higher stopping times, as figure 15 shows. The figure also shows that concept 4 has significantly lower stopping time than concept 0-S and 0-R. This also proves good traffic flow in concept 4 and also indicates that concept 4 allows more energy efficient driving.

The design presented here is site specific. A more ideal design would be to curve the primary road where it is entering The Roundalong. This would make drivers slow down when entering. Lower speed on the entering traffic will give left turning traffic a safer experience. It could also be possible to make the entering traffic give way to left turning traffic, like in a roundabout.

Concept 5 - Signalised Roundalong

The Signalised Roundalong in figure 10 presents results that are a bit weaker than concept 4 on average travel time delay time and stop time. The difference in results is due to the prioritisation of busses and the extra time usage it causes other traffic. The same challenge as discussed for concept 4, also applies to concept 5 when there are no busses stopping the other traffic. Another challenge is that in practise left turning vehicles can be stuck in the bus lane, waiting for a gap. This can be a safety issue and might hinder busses.

Conclusion

This study presents new public transport prioritising intersection designs and road system solutions. The most promising one is concept 4, The Roundalong. It combines public transport prioritisation with overall excellent quality of traffic flow without downgrading other traffic. The same can be said about concept 3, The Turnabout, although this design adds considerable driving distances to some traffic movements. This concept is not recommended for the case area, due to very long extra driving distances. It can however be a very good solution elsewhere if the turnabouts are well placed. Concept 5 shows promising results on average travel time, delay time and stop time in the traffic simulations of this study. On the other hand, its poor display in the path analysis and the fact that it would be noticeably affected by pedestrians in reality, concludes that this concept is not to be recommended. It can in principal be a very good alternative for heavily trafficked intersections along bus rapid transit lines with one or more bus lanes, but this needs further research if this concept is found interesting. Concept 2 will not be recommended for the case area based on these results. The concept is very complex and needs further research if it will be realisable. Solutions like concept 1, 2 and 5 are all very good at letting busses pass with ease in the models. Whether the single two-way bus lane is prudent to apply, will be a question for each current situation.

All the presented concepts in this article answer the research question, by exploring different ways of giving public transport absolute priority on roads and systems of roads. This work recommends proceeding with one of the concepts (4) The Roundalong or the regular roundabouts (0-R), for the case area. This is because these concepts deliver good results on traffic management, relative to the other concepts and is considered to be among the most feasible concepts.

All of the concepts presented here got potential for further research. A road system like concept 1 suggests, would be first of its kind. Further research could be studying traffic safety issues with meeting busses, limits to number of busses per hour and added time consumption when giving way, versus no bus lane and busses travelling in the mixed lanes. Capacity study of The Turnabout and The Roundalong compared to other intersection solutions could be of interest. In both The Roundalong and The Turnabout, larger left turning radius would increase their traffic safety and could be subject of further research. All concepts can be evaluated in detail with regard to pedestrian influence and traffic safety.

Bibliography

- APTA (2010), 'Designing Bus Rapid Transit Running Ways', <http://www.apta.com/resources/standards/Documents/APTA-BTS-BRT-RP-003-10.pdf>. [Hentet: 2016-12-15].
- Gartner, N. H. (1997), 'MONOGRAPH ON TRAFFIC FLOW THEORY'. [Hentet: 2017-04-28].
- Higginson, M. (1999), 'Bus Priority', <http://www.tpprofessional.org/download.cfm/docid/EC9F07E3-6C0C-4EE4-8B260D6E041A69B3>. [Hentet: 2016-09-26].
- Institute, W. R. (2014), 'TRAFFIC SAFETY ON BUS PRIORITY SYSTEMS', <http://www.wrirosscities.org/sites/default/files/Traffic-Safety-Bus-Priority-Corridors-BRT-EMBARQ-World-Resources-Institute.pdf>. [Downloaded: 2016-08-29].
- Intersections.org, A. (2017), 'Thru Turn Intersections', <http://thruturnintersections.org/>. [Downloaded: 2017-02-23].
- NTP (2014), 'Nasjonal transportplan 2014-2023', <https://www.regjeringen.no/contentassets/e6e7684b5d54473dadeeb7c599ff68b8/no/pdfs/stm201220130026000dddpdfs.pdf>. [Hentet: 2016-12-16].
- SINTEF (2006), 'ITS i kollektivtrafikken, SINTEF Teknologi og samfunn-RAPPORT', https://www.sintef.no/globalassets/upload/teknologi_og_samfunn/veg-og-samferdsel/a05223_its-i-kollektivtrafikken.pdf. [Hentet: 2016-09-23].
- Trafikverket (2014), 'Handbok för kapacitetsanalys med hjälp av simulering', http://www.trafikverket.se/contentassets/18ab6d1957f04fa49039b11998c7c016/handbok_for_kapacitetsanalys_med_hjalp_av_simulering.pdf. [Downloaded: 2017-03-27].
- TSS, T. S. S. (2016), 'Aimsun user manual v8.1'. [Downloaded: 2017-02-26].
- Urbanet-Analyse (2012), 'Erfaringer med Bus Rapid Transit og bussprioritering gjennom rundkjøring', http://1f4d6970592b53df998f-b41c63890e2fed1e20530ac7ebc616a1.r17.cf3.rackcdn.com/Filer-Dokumenter/UAnotat_43_2012_Bus-Rapid-Transport.pdf. [Hentet: 2016-09-26].

- Vegdirektoratet (2011), 'Gatekryss i bysentrum - Tilrettelegging for og prioritering av gående, syklende og/eller kollektivtrafikk', http://www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Publikasjoner/VD+rapport/_attachment/257209?_ts=13200cebf70. [Hentet: 2016-08-29].
- Vegvesen, S. (2007a), 'Kollektivtransport - En artikkelsamling om rammebetingelser, muligheter og løsninger for byområder', http://www.vegvesen.no/_attachment/58566/binary/2161. [Hentet: 2016-09-26].
- Vegvesen, S. (2007b), 'Kollektivtransport - Utfordringer, muligheter og løsninger for byområder', http://www.vegvesen.no/_attachment/58564/binary/2159. [Hentet: 2016-09-26].
- Vegvesen, S. (2013), 'Håndbok V121 - Geometrisk utforming av veg- og gatekryss', http://www.vegvesen.no/_attachment/75045/binary/1008055?fast_title=H%C3%A5ndbok+V121+Geometrisk+utforming+av+veg-+og+gatekryss.pdf. [Hentet: 2016-08-29].
- Vegvesen, S. (2014a), 'Håndbok V123 Kollektivhåndboka - Tilrettelegging for kollektivtrafikk på veg og gate', http://www.vegvesen.no/_attachment/61485/binary/1010376?fast_title=H%C3%A5ndbok+V123+Kollektivh%C3%A5ndboka.pdf. [Hentet: 2016-09-20].
- Vegvesen, S. (2014b), 'Håndbok V721 Risikovurdering i vegtrafikken', http://www.vegvesen.no/_attachment/61503/binary/963988?fast_title=H%C3%A5ndbok+V721+Risikovurderinger+i+vegtrafikken.pdf. [Hentet: 2016-12-16].
- Vegvesen, S. (2014c), 'Superbusskonsept og midstilt kollektivfelt - Rapport nr.312', http://www.vegvesen.no/_attachment/1433163/binary/1120651?fast_title=Superbusskonsept+og+midstilt+kollektivfelt.pdf. [Hentet: 2016-09-23].
- Vegvesen, S. (2016), 'Plassering og utforming av kollektivfelt - Rapport nr.519', http://www.vegvesen.no/fag/Publikasjoner/Publikasjoner/Statens+vegvesens+rapporter/_attachment/1304679?_ts=15409acdf88&download=true&fast_title=Plassering+og+utforming+av+kollektivfelt%3A+BRT%3A+L%C3%B8sning+for+%C3%A5+fremme+milj%C3%B8+vennlig+transport. [Hentet: 2016-09-26].

Bibliografi

- Aakre, A. (2016*a*), 'Basic traffic terms and relations'. [Hentet: 2017-23-03].
- Aakre, A. (2016*b*), 'Traffic simulation and AIMSUN'. [Hentet: 2017-02-12].
- Aakre, A. (2016*c*), 'Trafikkstrømmsteori mikromodeller og simulering'. [Hentet: 2017-23-03].
- AkcelikAndAssociates (2016*a*), 'SIDRA INTERSECTION Training Workshop day 1 - Introduction'. [Hentet: 2017-01-13].
- AkcelikAndAssociates (2016*b*), 'SIDRA INTERSECTION Training Workshop day 2-3 - Network modelling'. [Hentet: 2017-01-13].
- AkcelikAndAssociates (2016*c*), 'SIDRA INTERSECTION User Guide for version 7'. [Hentet: 2017-02-10].
- APTA (2010), 'Designing Bus Rapid Transit Running Ways', <http://www.apta.com/resources/standards/Documents/APTA-BTS-BRT-RP-003-10.pdf>. [Hentet: 2016-12-15].
- Bypakke, B. (2014), 'Animasjonsvideo av Rv.80 Hunstadmoen-Thallekrysset', <http://www.vegvesen.no/vegprosjekter/bypakkebodo/video>, note=[Hentet: 2017-04-30].
- Bypakke, B. (2016), 'Referat: Hunstadmoen - Bodøelv. Ny løsning for trefeltsvegen'. [Mottatt: 2016-11-12].
- Bypakke, B. (2017), 'Tunnelåpning Hunstadkrysset', <http://www.vegvesen.no/Vegprosjekter/bypakkebodo>, note=[Hentet: 2017-01-24].
- Finn.no (2017), 'Finn.no Kart', <https://kart.finn.no/>. [Hentet: 2017-02-12].
- fylkeskommune, N. (2017), 'Ruteopplysningen i Nordland', https://www.177nordland.no/?ac_id=286&ac_parent=280. [Hentet: 2017-01-08].

- Gartner, N. H. (1997), 'MONOGRAPH ON TRAFFIC FLOW THEORY'. [Hentet: 2017-04-28].
- Higginson, M. (1999), 'Bus Priority', <http://www.tpprofessional.org/download.cfm/docid/EC9F07E3-6C0C-4EE4-8B260D6E041A69B3>. [Hentet: 2016-09-26].
- Institute, W. R. (2014), 'TRAFFIC SAFETY ON BUS PRIORITY SYSTEMS', <http://www.wrirosscities.org/sites/default/files/Traffic-Safety-Bus-Priority-Corridors-BRT-EMBARQ-World-Resources-Institute.pdf>. [Hentet: 2016-08-29].
- Intersections.org, A. (2017), 'Thru Turn Intersections', <http://thruTurnintersections.org/>. [Hentet: 2017-02-23].
- kommune, B. (2017), 'Kartportal: Bodø kommune', http://webhotel3.gisline.no/WebInnsyn_Bodo/Klient/Vis/Kartportal. [Hentet: 2017-02-20].
- NTP (2014), 'Nasjonal transportplan 2014-2023', <https://www.regjeringen.no/contentassets/e6e7684b5d54473dadeeb7c599ff68b8/no/pdfs/stm201220130026000dddpdfs.pdf>. [Hentet: 2016-12-16].
- NTP (2016), 'Nasjonal transportplan 2018-2029', http://www.ntp.dep.no/Forside/_attachment/1355550/binary/1108800?_ts=154a5190910. [Hentet: 2016-09-19].
- Oslo-kommune (2016), 'Sykkelprosjektet - Oslostandarden for sykkeltilrettelegging', https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/Innhold/Politikk%20og%20administrasjon/Etater%20og%20foretak/Bymilj%C3%B8etaten/Sykkelprosjektet/Dokumenter/2016-06-14%20Oslostandarden_h%C3%B8ringsutgave_mindre%20%281%29.pdf. [Hentet: 2016-09-24].
- Sandvik, L. J. (2016), 'Prosjektoppgave: Nye ideer for prioritering av miljøvennlig transport - En mulighetsstudie av RV. 80 Hunstadmoen-Bodøelv'. [Hentet: 2017-01-04].
- SINTEF (2006), 'ITS i kollektivtrafikken, SINTEF Teknologi og samfunn-RAPPORT', https://www.sintef.no/globalassets/upload/teknologi_og_samfunn/veg-og-samferdsel/a05223_its-i-kollektivtrafikken.pdf. [Hentet: 2016-09-23].
- SINTEF (2009), 'Prioritering i signalanlegg-Kristiansand', https://www.sintef.no/globalassets/upload/teknologi_og_samfunn/veg-og-samferdsel/rapporter/2009/a11625_rapportprioriteringkristiansandendelig.pdf. [Hentet: 2016-09-23].

- Trafikverket (2014), 'Handbok för kapacitetsanalys med hjälp av simulering', http://www.trafikverket.se/contentassets/18ab6d1957f04fa49039b11998c7c016/handbok_for_kapacitetsanalys_med_hjalp_av_simulering.pdf. [Hentet: 2017-03-27].
- Transportation research board, W. D. (2016), 'Highway capacity manual 6th edition - A guide for multimodal mobility analysis'. [Hentet: 2017-04-24].
- TSS, T. S. S. (2016a), 'Aimsun user manual v8.1'. [Hentet: 2017-02-26].
- TSS, T. S. S. (2016b), 'Calibration of Aimsun Models'. [Hentet: 2017-02-15].
- UITP (2009), 'Review of Bus Priority at Traffic Signals around the World', <http://content.tfl.gov.uk/interaction-of-buses-and-signals-at-road-crossings.pdf>. [Hentet: 2016-08-29].
- Urbanet-Analyse (2012), 'Erfaringer med Bus Rapid Transit og bussprioritering gjennom rundkjøring', http://1f4d6970592b53df998f-b41c63890e2fed1e20530ac7ebc616a1.r17.cf3.rackcdn.com/Filer-Dokumenter/UAnotat_43_2012_Bus-Rapid-Transport.pdf. [Hentet: 2016-09-26].
- Vegdirektoratet (2011), 'Gatekryss i bysentrum - Tilrettelegging for og prioritering av gående, syklende og/eller kollektivtrafikk', http://www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Publikasjoner/VD+rappport/_attachment/257209?_ts=13200cebf70. [Hentet: 2016-08-29].
- Vegvesen, S. (2007a), 'Kollektivtransport - En artikkelsamling om rammebetingelser, muligheter og løsninger for byområder', http://www.vegvesen.no/_attachment/58566/binary/2161. [Hentet: 2016-09-26].
- Vegvesen, S. (2007b), 'Kollektivtransport - Utfordringer, muligheter og løsninger for byområder', http://www.vegvesen.no/_attachment/58564/binary/2159. [Hentet: 2016-09-26].
- Vegvesen, S. (2011), 'ITS på veg', http://www.vegvesen.no/_attachment/202616/binary/393111. [Hentet: 2016-12-16].
- Vegvesen, S. (2012), 'Håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger', http://www.vegvesen.no/_attachment/61430/binary/964067?fast_title=H%C3%A5ndbok+R610+Standard+for+drift+og+vedlikehold+av+riksveger.pdf. [Hentet: 2016-09-25].

- Vegvesen, S. (2013*a*), 'Håndbok N100 Veg og gateutforming', http://www.vegvesen.no/_attachment/61414/binary/964095. [Hentet: 2017-02-02].
- Vegvesen, S. (2013*b*), 'Håndbok V121 - Geometrisk utforming av veg- og gatekryss', http://www.vegvesen.no/_attachment/75045/binary/1008055?fast_title=H%C3%A5ndbok+V121+Geometrisk+utforming+av+veg-+og+gatekryss.pdf. [Hentet: 2016-08-29].
- Vegvesen, S. (2014*a*), 'Håndbok N300 del 3 Trafikkskilt', http://www.vegvesen.no/_attachment/69739/binary/964083?fast_title=H%C3%A5ndbok+N300+Trafikkskilt%2C+del+3+Forbudsskilt%2C+p%C3%A5budsskilt%2C+opplysningsskilt+og+skilt+med+trafikksikkerhetsinformasjon+%2811+MB%29.pdf. [Hentet: 2016-12-15].
- Vegvesen, S. (2014*b*), 'Håndbok N303 Trafikksignalanlegg', http://www.vegvesen.no/_attachment/61421/binary/964088?fast_title=H%C3%A5ndbok+N303+Trafikksignalanlegg.pdf. [Hentet: 2016-09-20].
- Vegvesen, S. (2014*c*), 'Håndbok V122 Sykkelhåndboka', http://www.vegvesen.no/_attachment/69912/binary/964012?fast_title=H%C3%A5ndbok+V122+Sykkelh%C3%A5ndboka.pdf. [Hentet: 2016-09-20].
- Vegvesen, S. (2014*d*), 'Håndbok V123 Kollektivhåndboka - Tilrettelegging for kollektivtrafikk på veg og gate', http://www.vegvesen.no/_attachment/61485/binary/1010376?fast_title=H%C3%A5ndbok+V123+Kollektivh%C3%A5ndboka.pdf. [Hentet: 2016-09-20].
- Vegvesen, S. (2014*e*), 'Håndbok V127 Gangfeltkriterier', http://www.vegvesen.no/_attachment/61502/binary/1035914?fast_title=H%C3%A5ndbok+V127+Gangfeltkriterier.pdf. [Hentet: 2016-09-20].
- Vegvesen, S. (2014*f*), 'Håndbok V128 Fartsdpende tiltak', http://www.vegvesen.no/_attachment/61426/binary/964072?fast_title=H%C3%A5ndbok+V128+Fartsdpende+tiltak.pdf. [Hentet: 2016-08-29].
- Vegvesen, S. (2014*g*), 'Håndbok V713 Trafikkberegninger', http://www.vegvesen.no/_attachment/61445/binary/964059. [Hentet: 2017-02-22].
- Vegvesen, S. (2014*h*), 'Håndbok V714 Veileder i trafikkdata', http://www.vegvesen.no/_attachment/256135/binary/997080. [Hentet: 2017-01-13].
- Vegvesen, S. (2014*i*), 'Håndbok V721 Risikovurdering i vegtrafikken', http://www.vegvesen.no/_attachment/256135/binary/997080.

[//www.vegvesen.no/_attachment/61503/binary/963988?fast_title=H%C3%A5ndbok+V721+Risikovurderinger+i+vegtrafikken.pdf](http://www.vegvesen.no/_attachment/61503/binary/963988?fast_title=H%C3%A5ndbok+V721+Risikovurderinger+i+vegtrafikken.pdf). [Hentet: 2016-12-16].

Vegvesen, S. (2014j), 'Superbusskonsept og midstilt kollektivfelt - Rapport nr.312', http://www.vegvesen.no/_attachment/1433163/binary/1120651?fast_title=Superbusskonsept+og+midtstilt+kollektivfelt.pdf. [Hentet: 2016-09-23].

Vegvesen, S. (2015), 'Håndbok N302 Vegoppmerking', http://www.vegvesen.no/_attachment/69741/binary/1081797?fast_title=H%C3%A5ndbok+N302+Vegoppmerking.pdf. [Hentet: 2016-09-23].

Vegvesen, S. (2016a), 'Plassering og utforming av kollektivfelt - Rapport nr.519', http://www.vegvesen.no/fag/Publikasjoner/Publikasjoner/Statens+vegvesens+rappporter/_attachment/1304679?_ts=15409acdf88&download=true&fast_title=Plassering+og+utforming+av+kollektivfelt%3A+BRT%3A+L%C3%B8sning+for+%C3%A5+fremme+milj%C3%B8vennlig+transport. [Hentet: 2016-09-26].

Vegvesen, S. (2016b), 'Rv80 Grønnåsenkrysset - Telling av biler, sykler og gående'. [Hentet: 2017-01-27].

Vegvesen, S. (2016c), 'Vegkart', <https://www.vegvesen.no/vegkart/vegkart/#kartlag:geodata/@600000,7225000,3>. [Hentet: 2016-12-14].

Vegvesen, S. (2017a), 'Reisevaneundersøkelse for caseområdet, basert på RVU 2013/2014'. [Hentet: 2017-01-29].

Vegvesen, S. (2017b), 'Trafikktall for caseområdet fra regional transportmodell (RTM)'. [Hentet: 2017-01-29].

Vedlegg

Vedlegg A - Oppgavetekst

Vedlegg B - Trafikktellinger

Vedlegg C - Telleskjema

Vedlegg D - Måledata - Skeid 2017

Vedlegg E - Rutekart Salten

Vedlegg F - Måledata - Skeid 2015

Vedlegg G - Sykkelteller - Skeid 2008 - 2017

Vedlegg H - Faseplaner dagens kryss

Vedlegg I - Trafikkvekstprognoser Nordland fylke

Vedlegg J - Beregnet trafikk, 0 år etter tunnelåpning

Digitale vedlegg som er lastet opp gjennom innlevering i DAIM er:

- Trafikkmodeller av alle konseptene bygget i Aimsun 8.1.3
- Trafikkmodell av konsept 4.3.3 bygget i SIDRA INTERSECTION 7.0.7
- Ortofoto av caseområdet til bruk i Aimsun modellene

A | Oppgavetekst

MASTEROPPGAVE

(TBA4940 Veg, masteroppgave)

VÅREN 2017

for

Lars Jørgen Sandvik

Nye ideer for prioritering av kollektivtransport:

En casestudie av Rv. 80 Hunstadmoen – Skeid

New ideas for public transport prioritisation

A case study of national road 80 Hunstadmoen – Skeid

BAKGRUNN

Kollektivtransport blir stadig viktigere for å håndtere verdens økende transportbehov. I Norge bidrar nullvekstmålet til å fremme miljøvennlig transport den politiske agendaen. Dette har ført til økt politisk fokus på gode løsninger for kollektivtransport. I Bodø vil eksisterende Rv.80 mellom Hunstadmoen og Skeid oppleve en ny trafikksituasjon med redusert trafikk i 2019. Da står Bodøtunellen gjennom det samme området ferdig og overtar store deler av gjennomgangstrafikken. Dette åpner for nye muligheter langs den eksisterende vegstrekningen og fra politisk hold er det utrykt ønske om effektive og attraktive løsninger for kollektivtransport. Forholdene for fotgjengere og syklister skal også gjøres mer attraktive.

OPPGAVE

Denne masteroppgaven skal utføres som en casestudie, der vegstrekningen Hunstadmoen – Skeid skal konseptutredes. Oppgavens fokus vil være på kollektivprioriterende løsninger og samtidig ivareta andre trafikanter på en god måte. Dette skal gjøres gjennom følgende deloppgaver:

1. Litteratursøk for å lære om eksisterende konsepter og formulere problemstilling på bakgrunn av denne kunnskapen. (Påbegynt i prosjektoppgave høst 2016)
2. Hente inn trafikkdata om caseområdet og estimere fremtidig trafikk.
3. Skissere konsepter for caseområdet (Påbegynt i prosjektoppgave høst 2016). Dette vil være skisser av kjente konsepter og nyutviklede kryss- og vegstrekningskonsepter.
4. Modellere forskjellige konsepter for casestrekningen i Aimsun og SIDRA INTERSECTION.
5. Simulere konseptene og drøfte resultatene.
6. Foreslå lovende løsninger for casestrekningen og for generell bruk.

Vekten av deloppgavene vurderes av kandidaten i samråd med veileder.

Oppgavens målsetning er å finne gode løsninger for fremtidig bruk av eksisterende Rv.80 og å utvikle nytenkende kollektivprioriterende konsepter i prosessen.

Problemstillingen masteroppgaven skal besvare er:

- Hvordan kan kollektivtrafikk få førsteprioritet i vegkryss?

Forskningsspørsmål:

- Hvordan kan privatbilisme nedprioriteres gjennom fysisk utforming eller ITS, uten ugunstig påvirkning av trafikkflyten?
- Hvordan kan venstresvingende trafikk i et kryss avvikles effektivt?
- Hvordan påvirkes trafikkbildet hvis dagens signalregulerte løsning reduseres fra 3 til 2 kjørefelt og det legges inn sykkelveg?
- På hvilken måte kan et midtstilt felt benyttes av kollektivtrafikk i begge retninger?
- Utvikle nytenkende kryss- og vegsystemløsninger som er realiserbare i praksis.

GENERELT

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

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

Besvarelsen skal inneholde

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

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

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

Hva skal innleveres?

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

Masteroppgaven regnes ikke som ferdig levert før kandidaten har levert innleveringsskjemaet (fra DAIM) hvor både Ark-Bibl i SBI og Fellestjenester (Byggsikring) i Sentralbygg 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.

Masteroppgaven utføres i samarbeid med Statens vegvesen Region nord. Egen avtale med dem vil bli utarbeidet og underskrevet.

Helse, miljø og sikkerhet (HMS):

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

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

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

Oppstart og innleveringsfrist:

Oppstart og innleveringsfrist er i henhold til informasjon i DAIM.

Faglærer ved instituttet: Arvid Aakre

Veileder (eller kontaktperson) hos ekstern samarbeidspartner: Hans Richardsen, Statens vegvesen

Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU

Dato: 13.01.2017, (revidert: 09.06.2017)

Underskrift



Faglærer

B | Trafikktellinger

Tabell B.1: Trafikktellinger 11.01.2017 - 07:00 - 08:30 - Grønnåsenkrysset, bevegelse 1 - 6

Kjøretøy	Bil	Tung	Bil	Tung	Bil	Tung	Bil	Tung	Bil	Tung	Bil	Tung
Tid&Sving	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
07:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07:05	12		0		1		5		76	2	10	
07:10	20		5		5		2	1	94	4	9	
07:15	15		3		4		6		115	4	4	
07:20	30	1	4		5		4		107	4	15	4
07:25	25		3		3		4		140	4	13	
07:30	21		2		3		4		164	1	12	
07:35	31		6		8		2		114	2	10	1
07:40	33		10		6		9		140	5	15	
07:45	27		5		11		2	1	158	3	9	
07:50	30		8		6		0		140	4	15	1
07:55	25		5		7		7	2	101	1	9	1
08:00	27	2	8		9		2		127	6	19	
08:05	31	2	4		15		9		143	5	14	
08:10	14		7		8		6		76	6	13	2
08:15	17	1	4		10		7		88	3	12	1
08:20	10		7		2		5		95	2	10	
08:25	16	1	2		5	1	3		70	9	12	
08:30	6		3		3		2		74	1	14	

Tabell B.2: Trafikktellinger 07:00 - 08:30 - 11.01.2017 - Grønnåsenkrysset, bevegelse 7 - 12

Kjøretøy	Bil	Tung	Bil	Tung	Bil	Tung	Bil	Tung	Bil	Tung	Bil	Tung
Tid&Sving	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12
07:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07:05	4		2		12	1	5	1	32	4	1	
07:10	4	1	2		10		2		28	5	4	
07:15	3	1	2		10		8		32	2	2	
07:20	5		1		9	1	8	1	44	8	2	
07:25	7	1	1		5		4		24	8	3	
07:30	6		3		8		5		35	7	2	1
07:35	8		1		8		11		38	3	2	1
07:40	5		1		5	1	12	1	35	4	6	1
07:45	11		1		6	1	7		48	6	1	
07:50	8	1	2		5		8	1	58	4	4	1
07:55	12		3		3		7	1	64	3	6	
08:00	15	1	0		5		15	1	56	4	5	
08:05	11	1	0		8	1	6		67	3	7	1
08:10	8	1	2		9	2	16	2	49	3	9	
08:15	3		2	1	7	1	13	2	48	4	9	
08:20	6		2		8	1	10		47	6	7	3
08:25	7		1		12	1	6	2	46	8	3	
08:30	4		1		8		10		29	3	3	1

Tabell B.3: Trafikktellinger 11.01.2017 - 15:00 - 16:30 - Grønnåsenkrysset, bevegelse 1 - 6

Kjøretøy	Bil	Tung	Bil	Tung	Bil	Tung	Bil	Tung	Bil	Tung	Bil	Tung
Tid&Sving	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
15:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15:05	2		4		2		2		59	4	3	1
15:10	11	1	2		8		5		50	4	9	
15:15	9	2	3		4		4		51	5	7	2
15:20	6		1		5		6		52	2	12	
15:25	7		4		3		7		52	5	6	
15:30	9		3		8		9	1	56	4	10	
15:35	9	2	1		4		5		46	1	12	
15:40	16		1		12	1	7		60	4	8	
15:45	10	1			5		11		55	5	5	
15:50	12		2		6		3		56		9	
15:55	12		3		7		5		72	5	11	
16:00	10	3	3		1		9		57	3	8	
16:05	7		4		9		5		55	2	11	
16:10	8	1	3		4	1	6		54	2	9	1
16:15	3		3		3		4		47	3	4	
16:20	9		1		3	1	9		40	5	10	
16:25	5		2		11				47	1	5	
16:30	10		2		5		4		47	2	4	

Tabell B.4: Trafikktellinger 11.01.2017 - 15:00 - 16:30 - Grønnåsenkrysset, bevegelse 7 - 12

Kjøretøy	Bil	Tung	Bil	Tung	Bil	Tung	Bil	Tung	Bil	Tung	Bil	Tung
Tid&Sving	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12
15:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15:05	20		5		3	1	7	1	99	9	16	
15:10	16		5	1	7		15	1	139	2	10	1
15:15	15		3		11		18		116	4	21	
15:20	18		3		6		15		134	2	14	1
15:25	23	2	4		15	1	13	3	121	3	19	
15:30	21	1	4		5		9		134	4	21	
15:35	22		7		5	1	14		127	5	20	
15:40	23		9		8	1	15		140	1	27	2
15:45	12	2	7		7		14	1	155	2	18	
15:50	25		5		9		17		134	3	31	
15:55	29		4		12	1	7		120	1	24	2
16:00	20	1	6		5	1	17		125	2	16	
16:05	32		6		11		11	1	126	3	29	1
16:10	25		12		6		11		122	1	23	1
16:15	11		7		8		11		143	2	21	
16:20	22	1	3		5		9		112	1	25	
16:25	20		6		3		12	1	99	1	27	1
16:30	14		5		3		8	8	63	1	20	

Tabell B.5: Trafikktellinger 12.01.2017 - 07:00 - 08:30 - Stille Dal krysset, bevegelse 1 - 6

Kjøretøy	Bil	Tung	Bil	Tung	Bil	Tung	Bil	Tung	Bil	Tung	Bil	Tung
Tid&Sving	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
07:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07:05	4		1		1				83	2	1	
07:10	1						1		96	3	1	1
07:15					1				121	3	1	
07:20	3				2				117	2	4	
07:25	2						1		145	1	5	1
07:30	9						2		168	4	5	
07:35	7				1		2		108	3	1	
07:40	9	1			2		3	1	150	3	9	1
07:45	5				1		3		162	5	2	
07:50	8	1	2		2		2		139	6	8	
07:55	8				1		4	1	99	2	10	1
08:00	5				2		3		136	6	13	
08:05	3		1				1		159	8	5	
08:10	6				2		2		83	2	12	1
08:15	5		2		2				93	3	14	1
08:20	1						2		103	3	10	
08:25	3						1		77	4	10	1
08:30	2		1		1		3		79	1	3	

Tabell B.6: Trafikktellinger 12.01.2017 - 07:00 - 08:30 - Stille Dal krysset, bevegelse 7 - 12

Kjøretøy	Bil	Tung	Bil	Tung	Bil	Tung	Bil	Tung	Bil	Tung	Bil	Tung
Tid&Sving	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12
07:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07:05					4		1		36	4		
07:10	2	1			8				37	2		
07:15	1				4		1		37	2	1	
07:20	1				6		2		51	3	1	
07:25	2				10		1		30	8	3	
07:30	3	1	1		3		1		41	3	2	
07:35	1				11		2		51	5	1	
07:40	5	1	1		5				46	3		
07:45	3				2		3		63	7	4	1
07:50	3				8		8	1	61	4	3	
07:55	4		1		10		3		78	3	2	
08:00	7	2	4		7	1	6		66	3	8	
08:05	5				4		4		87	7	2	
08:10	4				6		2		59	5	4	
08:15	3		1		9		2		56	1	3	
08:20	4	1			6		3		48	5	4	
08:25	10		1		5	1	3		50	5	5	1
08:30	5	1	2		9		3		29	7	4	1

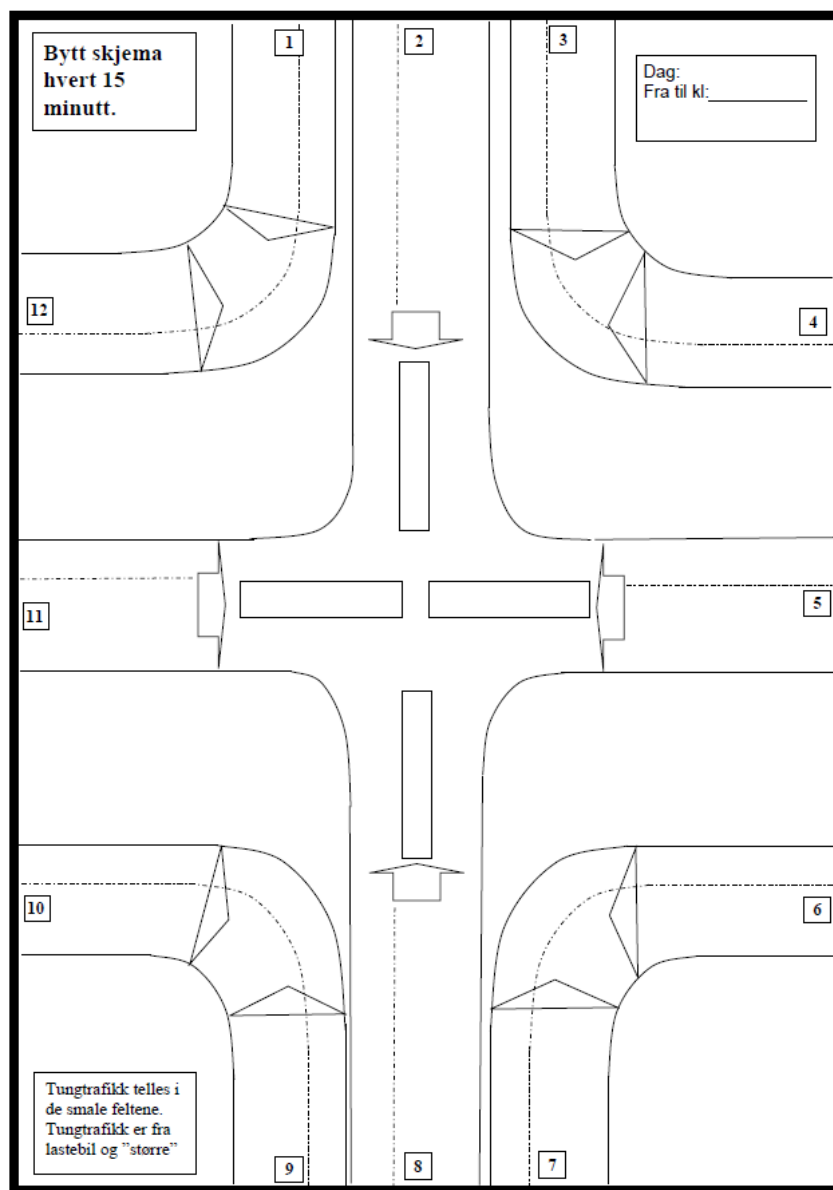
Tabell B.7: Trafikktellinger 12.01.2017 - 15:00 - 16:30 - Stille Dal krysset, bevegelse 1 - 6

Kjøretøy	Bil	Tung	Bil	Tung	Bil	Tung	Bil	Tung	Bil	Tung	Bil	Tung
Tid&Sving	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
15:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15:05	2						1		55	3	4	1
15:10	3				3		1	1	59	7		
15:15	3		1		4		1		58	5	4	
15:20	3		1		1		2		67	4	2	1
15:25	2		1		1		2		62	4	1	
15:30	1				2		1		71	6	3	1
15:35	2		2		2				60	6	4	
15:40	4				1	1			70	6	5	1
15:45	1		1		2		1		68	2	4	
15:50	3		1						64	6	3	1
15:55	5				1		3		82	3	5	
16:00	5				1		1		62	3	7	
16:05	3		1		2		3		67	3	3	
16:10	3				4		1		62	3	7	1
16:15	4								47	3	3	
16:20	1				2		2		57	2	2	
16:25	5		1		1		1		46	2	2	1
16:30	3				4				50	5	2	

Tabell B.8: Trafikktellinger 12.01.2017 - 15:00 - 16:30 - Stille Dal krysset, bevegelse 7 - 12

Kjøretøy	Bil	Tung	Bil	Tung	Bil	Tung	Bil	Tung	Bil	Tung	Bil	Tung
Tid&Sving	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12
15:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15:05	6		1		7		3		115	1	3	
15:10	1	1			2		2		154	2	7	
15:15		2			1				130	4	5	
15:20	4						3		152	3	2	
15:25	3				1		3		141	3	3	
15:30	5	1	2		3		3	1	153	7	7	1
15:35	5	1			1		4		147	6	2	
15:40	1				1		4		168	3	3	
15:45	2	1			2		10		153	3	9	
15:50	9	1			1		6		155	1	4	
15:55	8		1		1		2		149	5	5	1
16:00	9	1			7		9		132	2	5	
16:05	4	1			1		3		157	5	7	
16:10	2				4		7		134	1	10	
16:15	8	1	2		4		5		145		7	
16:20	6		2		1		3		131	6	3	
16:25	3	1			1		4		122		4	
16:30	5		2		2		6		66	5	10	

C | Telleskjema



Figur C.1: Telleskjema, Statens Vegvesen

D | Måledata - Skeid 2017

Antall av Måner		lane_number					Totalsum
Dag	time	Minutt	1	2	3	4 (tom)	
9			5789	3498	7498	9764	26549
10			5630	3512	7590	9839	26571
11	0		19	3	34	66	122
	1		3	3	12	26	44
	2		3	1	8	7	19
	3		4		10	21	35
	4		11	2	17	16	46
	5		50	3	41	52	146
	6		328	3	367	238	936
	7	0-4	41		59	38	138
		5-9	53	1	71	33	158
		10-14	60	1	80	41	182
		15-19	65		81	54	200
		20-24	81		89	31	201
		25-29	91	1	102	41	235
		30-34	65	1	88	50	204
		35-39	89	1	89	52	231
		40-44	87	1	104	55	247
		45-49	66		109	70	245
		50-54	54	2	75	75	206
		55-59	60	1	99	75	235
		7 Totalt	812	9	1046	615	2482
	8		502	6	666	702	1876
	9		305	47	457	499	1308
	10		284	99	413	425	1221
	11		350	103	422	445	1320
	12		318	161	394	550	1423
	13		326	185	385	557	1453
	14		317	324	433	684	1758
	15	0-4	21	53	43	69	186
		5-9	29	82	39	82	232
		10-14	25	76	46	79	226
		15-19	29	80	35	83	227
		20-24	25	65	49	88	227
		25-29	20	86	50	78	234
		30-34	31	83	29	78	221
		35-39	39	100	45	82	266
		40-44	27	95	45	92	259
		45-49	35	90	42	92	259
		50-54	38	81	58	70	247
		55-59	33	82	39	76	230
		15 Totalt	352	973	520	969	2814
	16		312	596	410	742	2060
	17		371	247	360	623	1601
	18		301	234	330	583	1448
	19		301	220	384	601	1506
	20		225	143	294	514	1176
	21		114	113	225	438	890
	22		74	68	195	326	663
	23		31	26	98	216	371
11 Totalt			5713	3569	7521	9915	26718

Figur D.1: 11 januar 2017, Statens Vegvesen

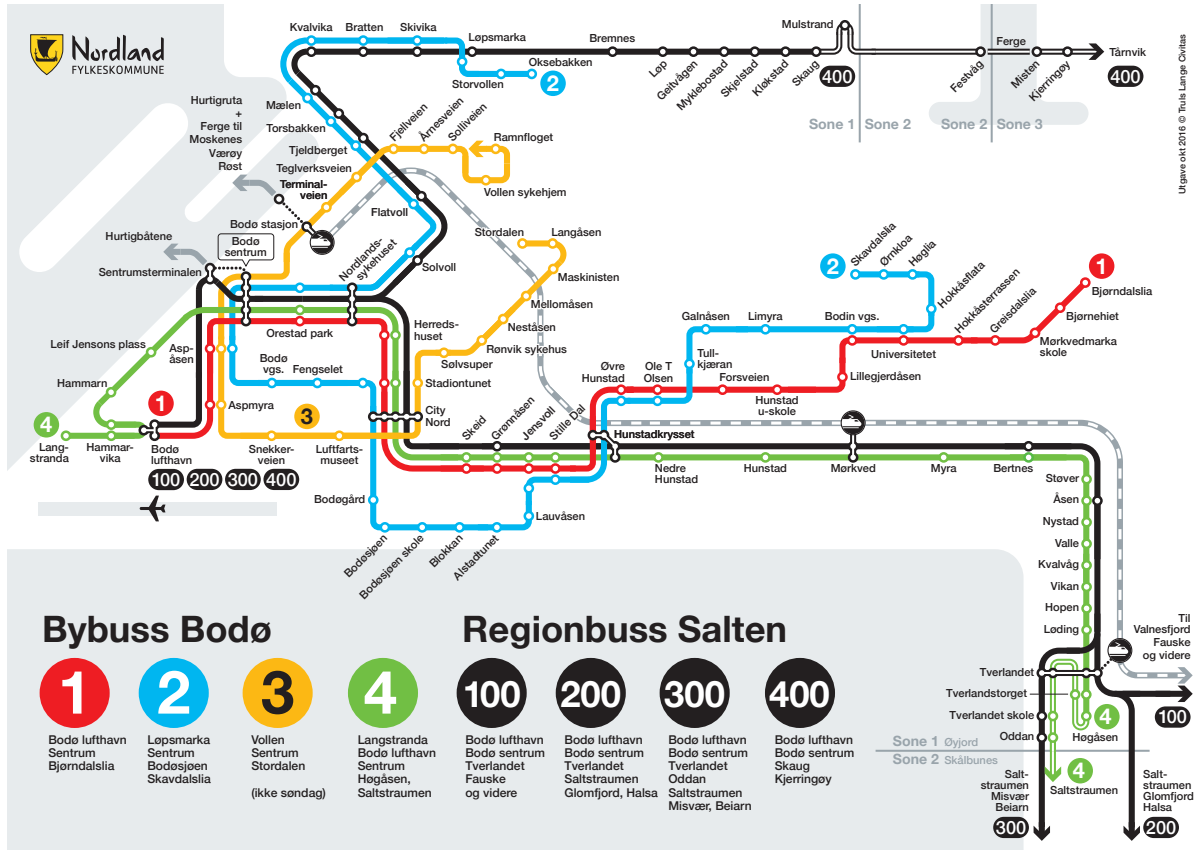
12	0	14	7	43	71	135
	1	5	3	20	23	51
	2	6	3	16	24	49
	3	7	1	13	17	38
	4	12		23	20	55
	5	33	2	47	52	134
	6	356	1	382	257	996
	7					
	0-4	45		59	37	141
	5-9	53		57	51	161
	10-14	80		86	31	197
	15-19	73	1	106	44	224
	20-24	73		85	35	193
	25-29	73		92	50	215
	30-34	63	1	93	52	209
	35-39	82	1	109	60	252
	40-44	86		98	65	249
	45-49	69	1	104	67	241
	50-54	57	2	102	58	219
	55-59	76	2	106	84	268
	7 Totalt	830	8	1097	634	2569
	8	481	7	653	657	1798
	9	329	5	400	485	1219
	10	344	4	368	526	1242
	11	365	6	373	616	1360
	12	298	12	377	714	1401
	13	336	40	404	744	1524
	14	361	298	481	680	1820
	15					
	0-4	27	65	38	72	202
	5-9	26	67	46	74	213
	10-14	24	94	49	95	262
	15-19	19	80	40	83	222
	20-24	33	85	62	86	266
	25-29	33	80	45	70	228
	30-34	17	85	38	86	226
	35-39	40	98	33	87	258
	40-44	30	100	48	91	269
	45-49	33	95	41	82	251
	50-54	36	98	48	79	261
	55-59	31	75	43	73	222
	15 Totalt	349	1022	531	978	2880
	16	382	606	414	756	2158
	17	372	151	386	768	1677
	18	372	243	439	589	1643
	19	325	233	389	618	1565
	20	219	197	281	585	1282
	21	110	138	224	441	913
	22	80	80	176	334	670
	23	34	37	82	213	366
12 Totalt		6020	3104	7619	10802	27545

Figur D.2: 12 januar 2017, Statens Vegvesen

Antall av Måned		lane_number				Totalsum	
Dag	time	Minutt	1	2	3		4 (tom)
9			5789	3498	7498	9764	26549
10			5630	3512	7590	9839	26571
11			5713	3569	7521	9915	26718
12			6020	3104	7619	10802	27545
13			5964	3603	7064	10007	26638
14			4091	1306	4897	7934	18228
15			3154	620	4969	7034	15777
(tom)	(tom)	(tom)					
(tom) Totalt	(tom) Totalt						
Totalsum			36361	19212	47158	65295	168026

Figur D.3: Uke 2, januar 2017, Statens Vegvesen

E | Rutekart Salten



F | Måledata - Skeid 2015

Summer av Antall		Felt			
Dato	Tid	1	2	3	Totalsum
07.09.2015		13914	10816	6854	31584
08.09.2015		13489	10701	6577	30767
09.09.2015		13367	10590	6656	30613
10.09.2015		13567	10846	6619	31032
11.09.2015		12570	10152	6660	29382
Totalsum		66907	53105	33366	153378

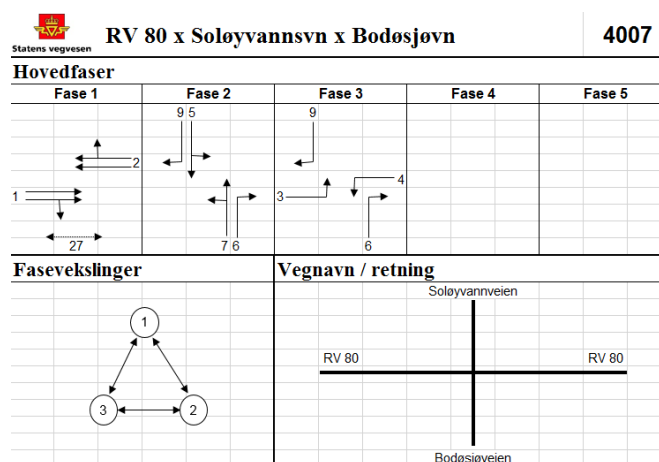
Figur F.1: Trafikktelling september 2015, Statens Vegvesen

G | Sykkelteller - Skeid 2008 - 2017

Tabell G.1: Sykkeltellerdata fra Statens Vegvesen, målepunkt Skeid

År	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
2008	94	65	58	319	481	601	525	603	500	272	152	79
2009	108	96	108	307	562	689	583	658	414	247	222	90
2010	111	72	72	319	604	773	594	650	441	230	152	74
2011	56	80	92	324	721	768	589	649	465	321	235	125
2012	136	132	146	320	697	717	484	688	493	351	194	122
2013	160	133	105	295	766	723	486	595	615	328	165	118
2014	191	224	196	335	673	660	637	724	459	338	187	114
2015	115	117	221	321	601	539	444	701	618	408	300	183
2016	169	195	220	729	863	981	713	1249	1060	671	387	216
2017	263											

H | Faseplaner dagens kryss



Figur H.1: Faseplan Grønnåsenkrysset, Statens Vegvesen

Statens vegvesen **RV 80 x Soløyvannsvn x Bodøsjøvn** 4007

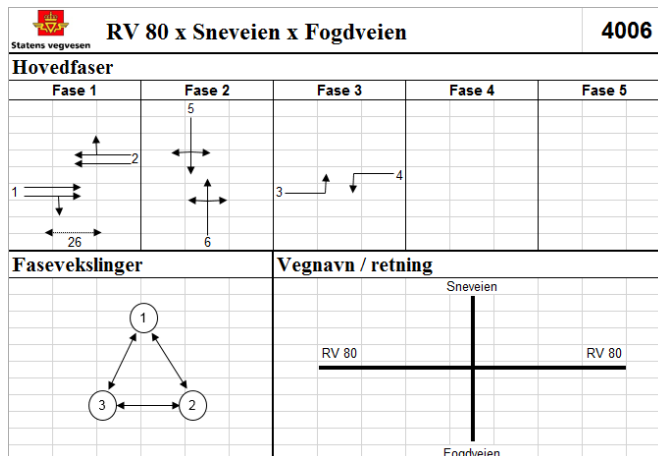
Signaler for kjørende Siste revisjon: 02.08.2012

Gruppe (SIS)	Fase	Min.tid	Gultid	Garantert tid				Makstid (traf. styrt) Ord.gr.tid (tidstyrt)				Privilegietid kollektivtrafikk				Maks.prio			
				S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
1	1	5	4					68	26	67	20								
2	1	5	4					68	30	56	20								
3	3	5	4					15	9	20	7								
4	3	5	4					12	9	5	7								
5	2	5	3					10	9	18	7								
6	2,3	5	3					10	9	18	7								
7	2	5	3					10	9	18	7								
9	2,3	5	3					10	8	17	7								

Signaler for gående

Gruppe	Fase	Trykkknapp (TK)		Uttøm. Tid	Grønn-blink	Uten TK Hoved TK	Underknapp	Garantert tid				Makstid (traf. styrt) Ord.gr.tid (tidstyrt)							
		Enkel	Dobbel					S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4				
27	1	x		17	8	10													

Figur H.2: Fasetider Grønnåsenkrysset, Statens Vegvesen



Figur H.3: Faseplan Stille Dal krysset, Statens Vegvesen

Statens vegvesen		RV 80 x Sneveien x Fogdveien		4006															
Signaler for kjørende				Siste revisjon: 02.08.2012															
Gruppe (SIS)	Fase	Min.tid	Gultid	Garantert tid				Maksstid (traf. styrt) Ord.gr.tid (tidstyrt)				Privilegietid kollektivtrafikk				Maks prio			
				S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
1	1	5	4					60	22	70	20								
2	1	5	4					76	28	79	20								
3	3	5	4					5	8	6	6								
4	3	5	4					18	11	12	8								
5	2	5	3					12	7	8	7								
6	2	5	3					12	7	8	7								
Signaler for gående																			
Gruppe	Fase	Trykknapp (TK)		Uttøm. Tid	Grønn-blink	Minimumstid		Garantert tid				Maksstid (traf. styrt) Ord.gr.tid (tidstyrt)							
		Enkel	Dobbel			Uten TK	Under-knapp	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4				
26	1	x		13	6	8													

Figur H.4: Fasetider Stille Dal krysset, Statens Vegvesen

I | Trafikkvekstprognoser Nordland

Gjennomsnittlig trafikkutvikling				
	Tom. år	Lette	Tunge	Busser
▶	2014	1,8	-1,3	-1,3
	2018	1,4	1,3	1,3
	2022	0,9	1,5	1,5
	2028	0,6	1,7	1,7
	2040	0,4	1,2	1,2
	2050	0,3	0,9	0,9
	2150	0,3	0,6	0,6
*				

Figur I.1: Trafikkvekstprognoser for Nordland, hentet fra Statens Vegvesen

J | Beregnet trafikk, 0 år etter tunnelåpning

Tabell J.1: Grønnåsenkrysset ved 0 år etter tunnelåpning, 07:15 - 08:15

Tid \ Kjøretøy type	Lett	Tung	Lett	Tung
	5	5	11	11
07:20	48	2	20	4
07:25	62	2	11	4
07:30	73	0	16	3
07:35	51	1	17	1
07:40	62	2	16	2
07:45	70	1	21	3
07:50	62	2	26	2
07:55	45	0	29	1
08:00	57	3	25	2
08:05	64	2	30	1
08:10	34	3	22	1
08:15	39	1	21	2

Tabell J.2: Grønnåsenkrysset ved 0 år etter tunnelåpning, 15:15 - 16:15

Tid \ Kjøretøy type	Lett	Tung	Lett	Tung
	5	5	11	11
15:20	23	1	60	1
15:25	23	2	54	1
15:30	25	3	60	3
15:35	21	0	57	2
15:40	27	2	62	0
15:45	25	2	69	1
15:50	25	0	60	1
15:55	32	2	53	1
16:00	25	1	56	1
16:05	25	1	56	1
16:10	24	1	54	0
16:15	21	1	64	1

Tabell J.3: Stille Dal krysset ved 0 år etter tunnelåpning, 07:15 - 08:15

Tid \ Kjøretøy type	Lett	Tung	Lett	Tung
	5	5	11	11
07:20	52	1	23	1
07:25	65	0	13	4
07:30	75	3	18	1
07:35	48	1	23	2
07:40	67	1	21	1
07:45	72	2	28	3
07:50	62	3	27	2
07:55	44	1	35	1
08:00	61	3	29	1
08:05	71	4	39	3
08:10	37	1	26	2
08:15	41	1	25	0

Tabell J.4: Stille Dal krysset ved 0 år etter tunnelåpning, 15:15 - 16:15

Tid \ Kjøretøy type	Lett	Tung	Lett	Tung
	5	5	11	11
15:20	30	2	68	1
15:25	28	2	63	1
15:30	32	3	68	3
15:35	27	3	66	3
15:40	31	3	75	1
15:45	30	1	68	1
15:50	29	3	69	0
15:55	37	1	66	1
16:00	28	1	59	1
16:05	30	1	70	2
16:10	28	1	60	0
16:15	21	1	65	0