

Utredning av alternative kryssløsninger for norske hovedveger

Markus Metallinos Log
Sturla Hauss Maltby

Bygg- og miljøteknikk
Innlevert: juni 2018
Hovedveileder: Arvid Aakre, IBM

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for bygg- og miljøteknikk

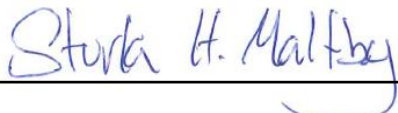
Forord


Masteroppgaven er skrevet av Sturla Hauss Maltby og Markus Metallinos Log ved Institutt for bygg- og miljøteknikk ved NTNU i Trondheim. Oppgaven utgjør totalt 60 studiepoeng.

Rapporten utgjør en konseptstudie om introduksjon av alternative kryssløsninger tilpasset norske vegforhold. Aspekter som betraktes er geometri, skilting, vegoppmerking, brøyting, miljø, trafiksikkerhet og trafikkavvikling, med bakgrunn i norske vegnormaler.

Oppgaven skrives i samarbeid med Statens vegvesen v/ senior sjefingeniør Terje Giæver, og er veiledet av Arvid Aakre, leder for Trafikkteknisk senter ved NTNU. I tillegg har flere fagekspert bidratt med konstruktive tilbakemeldinger. Det rettes herved en stor takk til alle involverte parter.

Trondheim, juni 2018


Sturla Hauss Maltby


Markus Metallinos Log

Sammendrag

Vegkryss er konsentrerte områder hvor en høy andel av trafikkulykkene forekommer. Dette er også områder som kan knyttes til avviklingsproblemer i form av kø og forsinkelse. På tross av teknologiske framskritt i bilparken over de siste tiårene, har vegkryssene vært gjenstand for lite nyskapning.

Samferdselsdepartementet fremmet nye krav til hovedvegnettet i 2014. Disse begrenser hvilke kryssløsninger som kan benyttes. I tillegg settes nye retningslinjer for dimensjonerende kjøretøy på enkelte hovedveger. Kravene fjerner muligheten for bygging av rundkjøringer på de fleste hovedveger med fartsgrense 60 km/t eller høyere, og stiller krav om at hovedvegnettet utføres hovedsakelig med T-kryss og planskilte løsninger. I tillegg etableres modulvogntog, med lengde på 25,25 meter, som dimensjonerende kjøretøy.

Forskning tyder på at det foreligger alternative kombinasjoner av utforming og reguleringsform som kan øke trafikkavviklingen, uten at dette forringer andre forhold. Særlig knyttes nye kryssløsninger opp mot forenkling av venstresvingen. Dette er en bevegelse med lav prioritet, og som ofte er dimensjonerende for kryssets kapasitet. USA har ledet dette arbeidet i løpet av de siste 10 årene, og positive erfaringer har medført bruk av slike løsninger også andre steder. Rapporten ser dermed på muligheten for implementering av nye typer vegkryss i Norge. Det er ønskelig å finne kryssløsninger som ivaretar prioriteten til hovedvegtrafikken, samtidig som sidevegtrafikken sikres trygg og effektiv avvikling.

Formålet med masteroppgaven er å kartlegge hvilke løsninger som har størst potensiale for implementering, og velge ut tre kryss for videre utredning. Disse utredes med fokus på geometri, skilting, vegoppmerking og brøyting, etter retningslinjer i Statens vegvesens håndbøker. Dersom det kreves fravik eller modifikasjoner til kravene, drøftes ulike løsningsforslag. Her benyttes tegningsverktøyet AutoCAD for å etablere gode figurer. Trafikksimuleringsprogrammet Aimsun benyttes videre for å modellere kryssenes avviklingssegenskaper og miljøpåvirkning, sammenlignet med tradisjonelle kryss. Her brukes flere trafikkbelastninger for å teste kryssenes respons. Det gjøres også en vurdering av trafiksikkerhet, både isolert og sammenlignet med krysstypen som den alternative løsningen tenkes å erstatte. Det etableres risikomatriser, og det foretas vurdering av trafikantatferd og endrede kjøremønstre, samt forenklete sikt betraktninger.

Rapporten utreder to kryss i plan og én planskilt løsning. Kryssene omtales som henholdsvis «Modifisert T-kryss», «RCUT» og «DDI». Førstnevnte er i prinsippet et kanalisert T-kryss med eget akselerasjonsfelt langs hovedvegen for venstresvingende sidevegtrafikk. Dette medfører at bevegelsen kan utføres langt enklere. RCUT (*Restricted Crossing U-Turn*) innehar geometri som minner om en «avlang rundkjøring». Løsningen ivaretar hovedvegens forkjøringsrett og fartsnivå, samtidig som vikepliktsituasjoner forenkles. DDI (*Diverging Diamond Interchange*) er et planskilt kryss hvor sidevegtrafikken på broen ledes over på «motsatt» side av vegen. På denne måten forenkles venstresvingebevegelser, og sannsynligheten for køforplantning på avkjøringsrampene reduseres.

Resultater fra utredningen viser at Modifisert T-kryss kan være et godt alternativ til dagens kanaliserte T-kryss. Løsningen kan skilte med forbedret trafikk sikkerhet for alle trafikkstrømmer, samt langt bedre avvikling av sidevegtrafikken. DDI har også stort potensiale for å erstatte ruterkryss med rundkjøringer, særlig ved høy trafikkbelastning. Krysningspunktene i DDI lar seg både signal- og vikepliktsreguleres. Det knyttes noe større tvil til RCUT-kryssets anvendbarhet. Løsningen er arealkrevende, men har andre gode egenskaper som kan vurderes. Utredningen viser at det er mulig å skilte og oppmerke alle foreslåtte kryss etter prinsippene i dagens vegnormaler. Flere av kryssene kan imidlertid ha nytte av enkelte spesialskilt for økt trafikantforståelse. For utredning av geometri, kan hovedprinsippene i håndbøkene benyttes, men noen modifikasjoner trengs. Enkelte av de foreslåtte løsningene kan også være noe utfordrende å brøyte. Dette gjelder særlig Modifisert T-kryss og DDI. Dette kan løses ved å inkludere brøytemannskap i planleggingen for å kartlegge framtidige utfordringer og behov.

Stikkord

Norsk	English
Alternative kryssløsninger	Alternative intersections
Forenklet venstresving	Simplified left turn
Geometrisk utforming	Geometric design
Skilting og oppmerking	Signage and road marking
Trafikksikkerhet	Traffic safety
Trafikkmodellering	Traffic modelling
Vinterdrift	Winter operations

Summary

Roadway intersections are highly concentrated areas responsible for a large share of traffic accidents. Furthermore, intersections represent bottlenecks causing traffic congestion and delay for motorists. Despite numerous technological advances in vehicle design over the past decades, intersections have remained practically unchanged.

The Ministry of Transport and Communications is in charge of establishing framework conditions for Norwegian public roads. In 2014, two pieces of new, interconnected legislation were sent to the Norwegian Public Roads Administration (NPRA) for implementation. First of all, limitations were put in place regarding which intersection types are allowed on Norwegian main roads. The legislation removes the possibility of using roundabouts on nearly all main roads with speed limit 60 km/h or higher, due to the induced delay and inconvenience that these intersections cause. The law states that future Norwegian main roads must be connected using mainly T-junctions and grade-separated interchanges. Secondly, the Ministry demanded that specific types of main roads be designed for maneuverability of *European Modular System* (EMS) road trains. These vehicles have a permitted overall length of 25,25 meters.

Recent research indicates that alternative combinations of geometric design and traffic control measures may improve intersection throughput without affecting other factors. This is particularly the case for alternative intersections aiming at simplifying left turn movements. These are low-priority movements that, in many cases, determine the total capacity of the intersection. Such intersections have been researched, built and evaluated in the United States for approximately a decade, and positive experiences has led to the recent implementation of similar intersections in other parts of the world. Despite the in-house expertise at the Ministry and at the NPRA, little work has been done regarding the implementation of alternative intersections on Norwegian main roads. The present work examines the possibility for implementing new types of intersections that maintain main road priority, while serving secondary traffic streams faster and more safely than in today's conventional intersections.

The present work proposes and assesses alternative intersections subject to Norwegian requirements for conventional intersection design. The main goal is to establish alternatives that have the potential for practical use. The three most promising alternatives are «borrowed» from literature, modified and are scaled down to comply with Norwegian requirements. These

requirements are various intersection design standards by the NPRA. For specific solutions that do not meet all criteria in the standards, the proposed solution is discussed with respect to the underlying principles. Following a concept phase, three alternative intersections are investigated with respect to considerations such as geometric design, signage, road marking and winter operations. The technical drawing program AutoCAD is used to establish professional-looking figures to underpin the proposed designs. Furthermore, comparisons are made to traditional intersections with regards to capacity assessments and emissions, using the traffic modelling software Aimsun 8.2. Lastly, the intersections are evaluated with respect to traffic safety, both isolated and by comparison to the conventional intersections that the new design may replace. Risk matrices are established, and aspects such as road user behavior, altered traffic patterns and visibility in yield-situations are considered.

Two at-grade intersections and one grade-separated interchange are assessed. These are denoted «Modified T-intersection», «RCUT» and «DDI», respectively. The starting point for the first alternative is a conventional T-intersection with left turn lane for main-road traffic. The alternative adds an acceleration lane for left-turning traffic from the secondary road, simplifying the movement. The RCUT (*Restricted Crossing U-Turn*) resembles an elongated roundabout, removing the possibility of direct left turns. The alternative sustains full main-road speed and right-of-way. The geometry simplifies secondary movements, as drivers yield for one lane of traffic at a time. The DDI (*Diverging Diamond Interchange*) is a two-level interchange where the secondary road is transferred to the opposite side of the road using directional crossovers on either side. This eliminates the need for left-turning vehicles to cross paths with approaching vehicles, and reduces off-ramp queuing.

The assessment shows that the Modified T-intersection might be a good alternative to conventional T-intersections. Similarly, the DDI may function well as a replacement for conventional dumbbell interchanges. The RCUT portrays more dubious results regarding practical use. The alternative is highly space-intensive, but performs well in other aspects. All the assessed intersections can be signed and marked using pre-existing guidelines. Intersection geometry requires a somewhat larger degree of deviation from specific NPRA requirements. The alternatives may be somewhat harder to maintain during winter conditions. It is therefore advised that the maintenance contractor is included during the design phase to identify potential challenges early. Furthermore, traffic safety-, capacity- and emissions considerations indicate improvements from comparable traditional intersections.

Innhold

<i>Forord</i>	<i>i</i>
<i>Sammendrag</i>	<i>iii</i>
<i>Stikkord</i>	<i>iv</i>
<i>Summary</i>	<i>v</i>
<i>Figurer</i>	<i>ix</i>
<i>Tabeller</i>	<i>xviii</i>
1. Introduksjon	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Målsetning og forskningsspørsmål	3
1.3 Avgrensning	3
1.4 Rapportens oppbygning	4
2. Metode	5
2.1 Metode for litteraturstudiet	6
2.2 Metode for skissefase	7
2.3 Metode for utredning av alternative vegkryss	7
3. Litteraturstudie	28
3.1 Alternative kryssløsninger	29
3.2 Norske vegnormaler	36
3.3 Trafikksikkerhet i vegkryss	49
3.4 Miljøutfordringer i vegkryss	54
3.5 Trafikkmodellering	56
4. Skissefase	63
4.1 Modifisert T-kryss	64
4.2 Nedskalert RCUT	65
4.3 Nedskalert DDI	66

5. Utredning av Modifisert T-kryss	67
5.1 Geometri	67
5.2 Skiltplan.....	94
5.3 Oppmerkingsplan	98
5.4 Brøyteplan	106
5.5 Trafikkavvikling og miljøpåvirkning	110
5.6 Trafikksikkerhet	120
6. Utredning av RCUT	136
6.1 Geometri	136
6.2 Skiltplan.....	154
6.3 Oppmerkingsplan	163
6.4 Brøyteplan	171
6.5 Trafikkavvikling og miljøpåvirkning	175
6.6 Trafikksikkerhet	190
7. Utredning av DDI.....	205
7.1 Geometri	205
7.2 Skiltplan.....	232
7.3 Oppmerkingsplan	236
7.4 Brøyteplan	245
7.5 Trafikkavvikling og miljøpåvirkning	248
7.6 Trafikksikkerhet	266
8. Oppsummering og diskusjon.....	282
9. Videre arbeid	289
10. Litteraturliste.....	291
<i>Vedlegg.....</i>	<i>296</i>

Figurer

Figur 2.0.1: Metode for utredning av alternative vegkryss	6
Figur 2.1.1: Illustrasjon av litteraturstudiets oppbygning	6
Figur 2.2.1: Illustrasjon av skissefasens oppbygning.....	7
Figur 2.3.1: Illustrasjon av framgangsmåten for kryssutredning	8
Figur 2.3.2: Skisse av modulvogntog.....	10
Figur 2.3.3: Prinsippskisse av personbil i sporingsmodulen til AutoCAD	11
Figur 2.3.4: Modulvogntog MVT1 (øverst), MVT2 (midten) og MVT3 (nederst)	12
Figur 2.3.5: Metodikk for utredning av geometrisk utforming	13
Figur 2.3.6: Framgangsmåte for utarbeidelse av skiltplaner	14
Figur 2.3.7: Redigeringsverktøy for brukerdefinerte vegvisningsskilt	15
Figur 2.3.8: Metodikk for utarbeidelse av oppmergingsplaner	16
Figur 2.3.9: Verktøylinje for oppmerking i «Novapoint Vegoppmerking»	16
Figur 2.3.10: Trinn i risikovurdering	17
Figur 2.3.11: Klassifisering av risiko i en forenklet risikomatrise.....	18
Figur 2.3.12: Framgangsmåte for utredning av trafikksikkerhet	18
Figur 2.3.13: Prinsippskisse av lastebil i sporingsmodulen til AutoCAD	19
Figur 2.3.14: Framgangsmåte for utarbeidelse av brøyteplaner	19
Figur 2.3.15: Framgangsmåte for utredning av trafikkavvikling og utslipp	20
Figur 2.3.16: Bygging av Aimsun modell fra geometri i AutoCAD	23
Figur 2.3.17: Uthenting av «subpath»-data i Aimsun	27
Figur 3.1.1: Displaced left-turn intersection (DLT).....	30
Figur 3.1.2: Median U-turn (MUT).....	31
Figur 3.1.3: Continuous green intersection	32
Figur 3.1.4: Jughandle intersection	33
Figur 3.1.5: Signalregulert RCUT-kryss	34
Figur 3.1.6: DDI-kryss	35
Figur 3.2.1: Betydningen av «skal», «bør» og «kan» i vegnormalene	38
Figur 3.2.2: Originalkrav for dimensjonerende kjøretøy i N100	41
Figur 3.2.3: Illustrasjon av vinterdriftsklasser	47
Figur 3.2.4: Sammenheng mellom investerings- og driftsbudsjett	48
Figur 3.3.1: Bevegelsesenergi i ulike kombinasjoner av kollisjonsvinkel og hastighet.....	53

Figur 3.5.1: Ulike nivåer for trafikkmodellering.....	56
Figur 3.5.2: Definisjon av geometriske elementer i Aimsun	59
Figur 4.1.1: Skisse av Modifisert T-kryss	64
Figur 4.2.1: Skisse av RCUT	65
Figur 4.3.1: Skisse av Nedskalert DDI.....	66
Figur 5.1.1: Prinsippskisse av Modifisert T-kryss	68
Figur 5.1.2: Modifisert T-kryss – vestre del	69
Figur 5.1.3: Modifisert T-kryss – kryssområde	69
Figur 5.1.4: Modifisert T-kryss – østre del	69
Figur 5.1.5: Valgte dimensjoneringsklasser for Modifisert T-kryss	71
Figur 5.1.6: Prinsippskisse av kanalisert T-kryss.....	72
Figur 5.1.7: Lengde for venstresvingefelt og fri lengde før rekkverk.....	74
Figur 5.1.8: Dimensjoner hovedkryss (mål i meter)	77
Figur 5.1.9: Lengdekomponenter for rekkverk	78
Figur 5.1.10: Standardutforming av akselerasjonsfelt	79
Figur 5.1.11: Sporing av personbil for estimering av akselerasjonsfeltets startfart.....	80
Figur 5.1.12: Anbefalt fart som funksjon av kurveradius	81
Figur 5.1.13: Krav til L1 for akselerasjonsfelt i planskilte kryss ved 70 km/t.....	82
Figur 5.1.14: Fartsutvikling som funksjon av avstand	83
Figur 5.1.15: Lengde av rekkverket langs akselerasjonsfeltet etter fullført venstresving.....	84
Figur 5.1.17: Utforming av trekantøy (mål i meter)	85
Figur 5.1.18: Dimensjoner på trafikkøy i hovedkryss.....	86
Figur 5.1.19: Mål på trafikkøy i sekundærveg (mål i meter)	86
Figur 5.1.20: Utforming av trafikkøy på sideveg.....	87
Figur 5.1.21: Overgangsområde – østre del	88
Figur 5.1.22: Overgangsområde – vestre del	89
Figur 5.1.23: Foreslått «åpning» i midtrekkverk	90
Figur 5.1.24: Midtrekkverk gjennom kryss med malt kanalisering	90
Figur 5.1.25: Prinsippskisse av modifisert T-kryss med fletteløsning.....	91
Figur 5.1.26: Utforming av stopplomme (mål i meter).....	92
Figur 5.1.27: Utforming av stopplomme i kryssområdet	92
Figur 5.1.28: Foreslått bruk av overkjørbart areal på sidevegtilfart.....	93
Figur 5.2.1: Skiltplan Modifisert T-kryss – øst.....	94

Figur 5.2.2: Skiltplan Modifisert T-kryss - kryssområde.....	94
Figur 5.2.3: Skiltplan Modifisert T-kryss - vest.....	95
Figur 5.2.4: Forslag til plassering av fartsskilt for påkjøringsfeltet	95
Figur 5.2.5: Påbudt venstresving fra sideveg	96
Figur 5.2.6: Påbudt venstresving fra hovedveg.....	97
Figur 5.2.7: Alternativt forvarselsskilt.....	97
Figur 5.3.1: Oppmerking av vestre kryssområde	98
Figur 5.3.2: Oppmerking av hovedkryss.....	98
Figur 5.3.3: Oppmerking av østre kryssområde.....	98
Figur 5.3.4: Oppmerking av retardasjonsfelt	99
Figur 5.3.5: Oppmerking mellom gjennomkjørings- og venstresvingefelt.....	100
Figur 5.3.6: Utforming av sperreområde.....	100
Figur 5.3.7: Oppmerking av stort sperreområde i Modifisert T-kryss.....	101
Figur 5.3.8: Utforming av oppmerking på sideveg i tilknytning til hovedkrysset.....	102
Figur 5.3.9: Utforming av sperreområde mellom trafikk i samme kjøreretning.....	103
Figur 5.3.10: Oppmerking av sperreområde ved rekkverkets slutt	103
Figur 5.3.11: Symboloppmerking i kryss med fartsgrense ≥ 60 km/t.....	104
Figur 5.3.12: Symboloppmerking av venstresvingefelt og gjennomkjøringsfelt.....	104
Figur 5.3.13: Symboloppmerking av østgående hovedretning	105
Figur 5.4.2: Brøytebil 2 - vestgående.....	107
Figur 5.4.3: Brøytebil 1 - østgående.....	107
Figur 5.4.4: Brøytebil 2 – østgående	108
Figur 5.5.1: Modell av modifisert T-kryss i Aimsun	111
Figur 5.5.2: Modell av kanalisert T-kryss i Aimsun	111
Figur 5.5.3: Modell av kanalisert T-kryss med separat høyresvingefelt i Aimsun	112
Figur 5.5.4: Visualisering av ulike belastningsgrader i modifisert T-kryss	113
Figur 5.5.5: OD-matrise for lav trafikkbelastning (kjt/time)	114
Figur 5.5.6: OD-matrise for middels trafikkbelastning (kjt/time).....	114
Figur 5.5.7: OD-matrise for høy trafikkbelastning (kjt/time)	114
Figur 5.5.8: OD-matrise for høy gjennomgang og venstresving fra sideveg (kjt/time).....	114
Figur 5.5.9: Gjennomsnittlig kjøretøyforsinkelse for venstresvingende sidevegtrafikk.....	115
Figur 5.5.10: Gjennomsnittlig kølengde for sideveg (både høyre- og venstresving).....	116
Figur 5.5.11: Totalt CO ₂ -utslipp i kryssmodellene	117

Figur 5.5.12: CO ₂ -utslipp for venstresvingende sidevegtrafikk.....	118
Figur 5.6.1: Konfliktpunkter i modifisert T-kryss	121
Figur 5.6.2: Konfliktpunkter i kanalisert T-kryss	121
Figur 5.6.3: Gjennomkjøring (Ø – V)	123
Figur 5.6.4: Venstresving fra sideveg (S – V)	124
Figur 5.6.5: Illustrasjon av forhøyet oppmerking med refleks.....	126
Figur 5.6.7: Illustrasjon av vaier-rekkverk.....	128
Figur 5.6.8: Illustrasjon av midtrekkverk.....	129
Figur 6.1.1: Totaloversikt av RCUT	137
Figur 6.1.2: RCUT – prinsippskisse.....	138
Figur 6.1.3: Valgte dimensjoneringsklasser for RCUT	139
Figur 6.1.4: Behov for høyresvingefelt basert på trafikk i dimensjonerende time	140
Figur 6.1.5: Høyresvingefelt med trekantøy (mål i m)	141
Figur 6.1.6: Utforming av venstresvingefelt i kanalisert T-kryss	142
Figur 6.1.7: Sporing av U-sving for MVT	143
Figur 6.1.8: Definisjon av sirkulasjonsareal (gult) i rundkjøringer	143
Figur 6.1.9: Krav til minste kjørefeltbredde i sirkulasjonsarealet.....	144
Figur 6.1.10: Oversikt over U-svingefeltets utforming.....	145
Figur 6.1.11: Prinsippskisse for hovedkryss i RCUT	146
Figur 6.1.12: Utforming av trekantøy	147
Figur 6.1.13: Utforming av trafikkøy i sekundærveg.....	147
Figur 6.1.14: Dimensjoner på trafikkøy i sideveg.....	147
Figur 6.1.15: Dimensjoner i tilknytning til venstresvingefeltet	149
Figur 6.1.16: Dimensjoner hovedkryss	149
Figur 6.1.17: Dimensjoner i tilknytning til hovedtrafikkøy	151
Figur 6.1.18: Prinsippskisse av sideøy	152
Figur 6.1.19: Dimensjoner knyttet til sideøyer	153
Figur 6.1.20: Foreslått bruk av overkjørbart areal på sidevegtilfart.....	153
Figur 6.2.1: Skiltplan RCUT – øst	154
Figur 6.2.2: Skiltplan RCUT – hovedkryss.....	154
Figur 6.2.3: Skiltplan RCUT – vest	155
Figur 6.2.4: Stoppskilt ved U-sving	155
Figur 6.2.5: Bruk av påbudt kjøreretning.....	156

Figur 6.2.6: Plassering av fartsgrenseskilt og forkjørsskilt i henhold til krav i N300	157
Figur 6.2.7: Foreslått plassering av fartsgrenseskilt og forkjørsskilt i skiltplanen	157
Figur 6.2.8: Forvarsling langs hovedveg før krysset.....	158
Figur 6.2.9: Varsling om høyresvingefelt	158
Figur 6.2.10: Varsling om venstresvingefelt.....	159
Figur 6.2.11: Skilting ved avsving fra sideveg	159
Figur 6.2.12: Skilting ved U-sving.....	160
Figur 6.2.13: Spesialskilt for RCUT	160
Figur 6.2.14: Skiltplan for RCUT-kryss i Maryland.....	161
Figur 6.2.15: Skiltplan for RCUT-kryss i North Carolina	161
Figur 6.3.1: Oppmerking av vestre kryssområde	163
Figur 6.3.2: Oppmerking av sentralt kryssområde.....	163
Figur 6.3.3: Oppmerking av østre kryssområde.....	164
Figur 6.3.4: Oppmerking av retardasjonsfelt	164
Figur 6.3.5: Oppmerking av høyresvingefelt for avsving til sideveg	165
Figur 6.3.6: Oppmerking av rampe med tovegstrafikk	165
Figur 6.3.7: Oppmerking av sentralt kryssområde.....	166
Figur 6.3.8: Oppmerking av rumlefelt og anbefalt avstand mellom stripene	167
Figur 6.3.9: Oppmerking av retardasjonsfelt / U-svingefelt	168
Figur 6.3.10: Bruk av sperrefelt i forkant av sideøyene.....	168
Figur 6.3.11: Symboloppmerking i kryss med fartsgrense ≥ 60 km/t.....	169
Figur 6.3.12: Symboloppmerking av gjennomkjørings- og høyresvingefelt.	169
Figur 6.3.13: Symboloppmerking av sideveg	170
Figur 6.3.14: Symboloppmerking av retardasjonsfelt og gjennomkjøringsfelt	170
Figur 6.4.1: Brøytebil 1 i RCUT	171
Figur 6.4.2: Brøytebil 2 i RCUT – første parsell	172
Figur 6.4.3: Brøytebil 2 i RCUT – andre parsell – første runde	172
Figur 6.4.4: Brøytebil 2 i RCUT – Andre parsell - andre runde	173
Figur 6.4.5: Bredt U-svingefelt krever brøyting i to omganger	174
Figur 6.4.6: Vanskelig å brøyte tilstrekkelig i begynnelsen av overgangsstrekninger	174
Figur 6.5.1: Modellfremvisning av RCUT i Aimsun	176
Figur 6.5.2: Skisse av høyre-venstre-kryss	176
Figur 6.5.3: Modellfremvisning av to forskjøvne T-kryss i Aimsun	177

Figur 6.5.5: Gjennomkjøring på sideveg for de ulike kryssene	180
Figur 6.5.6: Venstresving fra hovedveg til sideveg for de ulike kryssene	180
Figur 6.5.8: Visualisering av ulike belastningsgrader for RCUT	181
Figur 6.5.9: OD-matrise for lav trafikkbelastning (kjt/time)	182
Figur 6.5.10: OD-matrise for middels trafikkbelastning (kjt/time).....	182
Figur 6.5.11: OD-matrise for høy trafikkbelastning (kjt/time)	182
Figur 6.5.12: Gjennomsnittlig reisetid for gjennomkjøring langs sideveg	183
Figur 6.5.13: Gjennomsnittlig forsinkelse for gjennomkjøring langs sideveg.....	184
Figur 6.5.14: Gjennomsnittlig reisetid for venstresving fra hovedveg til sideveg.....	184
Figur 6.5.15: Gjennomsnittlig forsinkelse for venstresving fra hovedveg til sideveg	185
Figur 6.5.16: Kølengde i retardasjonsfelt for U-sving i RCUT	186
Figur 6.5.17: Gjennomsnittlig forsinkelse per kjøretøy i hele kryssområdet.....	187
Figur 6.5.18: Totalt CO ₂ -utslipp i kryssmodellene	188
Figur 6.6.1: RCUT med konfigurasjon for direkte venstresving	191
Figur 6.6.2: RCUT uten mulighet for direkte venstresving	191
Figur 6.6.3: Konfliktpunkter i modifisert RCUT	194
Figur 6.6.4: Konfliktpunkter i forskjøvne T-kryss (prinsippskisse)	194
Figur 6.6.5: Venstresving fra hovedveg (V – N)	196
Figur 6.6.6: Venstresving fra sideveg (S – V)	197
Figur 6.6.7: Gjennomkjøring på sideveg (S – N).....	198
Figur 6.6.8: Omfattende kødannelse i retardasjonsfeltet for U-sving.....	199
Figur 6.6.9: Gode siktforhold for vikende trafikk i U-svingefelt.....	200
Figur 6.6.10: Dårlige siktforhold for vikende trafikk i U-svingefelt	200
Figur 6.6.11: Illustrasjon av siktforhold for vikende kjøretøy i hovedkryss.....	201
Figur 7.1.1: Prinsippskisse av DDI	206
Figur 7.1.2: Prinsippskisse for kjørefelt og hovedkryss i DDI-krysset.....	207
Figur 7.1.3: Prinsippskisse for trafikkøyer i DDI-krysset (østre side).....	207
Figur 7.1.4: Valgte dimensjoneringsklasser for DDI	208
Figur 7.1.5: L1 og L2 for retardasjonsfelt i planskilte kryss.....	210
Figur 7.1.6: Overgang mellom fartsendringsfelt og rampe	211
Figur 7.1.7: Overgangslengde for divergens av avkjøringsrampe	212
Figur 7.1.8: Prinsippskisse av venstresvingefelt fra motorveg	213
Figur 7.1.9: Typisk påkobling av rampe	214

Figur 7.1.10: Foreslått påkobling av rampe	214
Figur 7.1.11: Lengdene L1 og L2 ved flettestreking.....	215
Figur 7.1.12: Utforming av flettestreking (mål i meter)	215
Figur 7.1.13: Lengder for parallelført høyresvingefelt med trekantøy (mål i m).....	216
Figur 7.1.14: Utforming av høyresvingefelt for avsving på motorveg	216
Figur 7.1.15: Utforming av fletteområde for påkjøring til motorveg	218
Figur 7.1.16: L1 og L2 for akselerasjonsfelt i planskilte kryss.....	219
Figur 7.1.17: Hovedkryss i DDI utformet etter Metodikk 1	220
Figur 7.1.18: Spøringskurver for Metodikk 2	221
Figur 7.1.19: Definisjon av krysningsvinkelen i hovedkrysset.....	222
Figur 7.1.20: Foreslått krysningsvinkel	222
Figur 7.1.21: Utforming av sideøy	223
Figur 7.1.22: Utforming av deleøy.....	223
Figur 7.1.23: Dimensjoner på divergerende trekantøy.....	224
Figur 7.1.24: Dimensjoner på konvergerende trekantøy.....	224
Figur 7.1.25: Avstand mellom trafikkøyer i hovedkryss	224
Figur 7.1.26: Signaltyper som kan brukes i hovedkryss	225
Figur 7.1.27: Forslag til plassering av signalstolper i hovedkryss	227
Figur 7.1.28: Krav til sikt fra bil til primærlys.....	227
Figur 7.1.29: Siktkontroll vestgående primærsignal	228
Figur 7.1.30: Siktkontroll østgående primærsignal	228
Figur 7.1.31: Alternativ oppmerking av overkjørbart areal	231
Figur 7.2.1: Skiltplan DDI – Del 1 (Øvrige skilt)	232
Figur 7.2.2: Skiltplan DDI – Del 2 (Retningsmarkering og vegvisningsskilt)	232
Figur 7.2.3: Skiltplan DDI – Del 3 (Skilting montert på stolper for signalanlegg)	233
Figur 7.2.4: Forbud mot høyresving	233
Figur 7.2.5: Påbudt venstresving.....	233
Figur 7.2.6: Alternativt vegskilt for sideveg i DDI.....	234
Figur 7.2.7: Skiltplan for DDI-kryss i Missouri – Del 1	234
Figur 7.2.8: Skiltplan for DDI-kryss i Missouri – Del 2.....	235
Figur 7.3.1: Oversikt over oppmerking av avkjøringsrampe	236
Figur 7.3.2: Oversikt over oppmerking av hovedkryssområde.....	236
Figur 7.3.3: Oversikt over oppmerking av vekslingsområde langs sideveg	237

Figur 7.3.4: Oversikt over oppmerking av påkjøringsrampe til hovedveg	237
Figur 7.3.5: Avkjøringsrampen i Aulerødkrysset	238
Figur 7.3.6: Detaljer forklaring av flette- og avkjøringsområde	239
Figur 7.3.7: Oppmerking av feltaddisjon	240
Figur 7.3.8: Detaljert oppmerking av fettsammenslåing ved avkjøringsrampen	240
Figur 7.3.9: Linjeoppmerking av signalregulert kryssområde	241
Figur 7.3.11: Symboloppmerking i kryss med fartsgrense ≥ 60 km/t.....	242
Figur 7.3.12: Symboloppmerking på avkjøringsrampen.....	242
Figur 7.3.13: Symboloppmerking på sideveg	243
Figur 7.3.14: Skjerm bilde av gjennomkjøring av DDI i Odense	243
Figur 7.3.15: Symboloppmerking på broen og i hovedkrysset	244
Figur 7.4.1: Rute for brøytebil 1 i DDI	246
Figur 7.4.2: Rute for brøytebil 3 i DDI	246
Figur 7.4.3: Rute for brøytebil 4 i DDI	247
Figur 7.5.1: Modellfremvisning av DDI i Aimsun	250
Figur 7.5.2: Modellfremvisning av ruterkryss med rundkjøringer i Aimsun.....	250
Figur 7.5.3: «Subpath» for venstresving fra hovedveg	251
Figur 7.5.4: «Subpath» for gjennomgang langs sideveg	251
Figur 7.5.5: Subpath» for venstresving fra sideveg	252
Figur 7.5.6: Sammenligning av delstrekninger på avkjøringsrampe	253
Figur 7.5.7: Visualisering av belastningsgrader i ruterkryss med rundkjøringer	254
Figur 7.5.8: OD-matrise for lav trafikkbelastning (kjt/time)	255
Figur 7.5.9: OD-matrise for middels trafikkbelastning (kjt/time).....	255
Figur 7.5.10: OD-matrise for høy trafikkbelastning (kjt/time)	255
Figur 7.5.11: OD-matrise for høy avsving (kjt/time)	255
Figur 7.5.12: «Samkjøring» av signalfaser i vestre og østre hovedkryss.....	256
Figur 7.5.13: Faseplan for trafikkbelastning «lav»	257
Figur 7.5.14: Faseplan for trafikkbelastning «middels»	257
Figur 7.5.15: Faseplan for trafikkbelastning «høy»	257
Figur 7.5.16: Faseplan for trafikkbelastning «høy avsving».....	258
Figur 7.5.16: Gjennomsnittlig reisetid for venstresving fra hovedveg til sideveg	258
Figur 7.5.17: Gjennomsnittlig forsinkelse for venstresving fra hovedveg til sideveg	259
Figur 7.5.18: Gjennomsnittlig reisetid ved gjennomkjøring langs sideveg	260

Figur 7.5.19: Gjennomsnittlig forsinkelse for gjennomkjøring langs sideveg.....	260
Figur 7.5.20: Gjennomsnittlig reisetid per kjøretøy ved venstresving fra sideveg	261
Figur 7.5.21: Gjennomsnittlig forsinkelse per kjøretøy ved venstresving fra sideveg	262
Figur 7.5.22: Gjennomsnitt av «maksimal kølengde» på avkjøringsrampen.....	262
Figur 7.5.23: Gjennomsnittlig reisetid per kjøretøy per kilometer	263
Figur 7.5.24: Gjennomsnittlig forsinkelse per kjøretøy per kilometer.....	263
Figur 7.5.25: Totalt CO ₂ -utslipp i kryssmodellene	264
Figur 7.6.1: Konfliktpunkter i signalregulert ruterkryss	267
Figur 7.6.2: Konfliktpunkter i DDI-krysset	268
Figur 7.6.3: Konfliktpunkter i ruterkryss regulert av rundkjøringer	268
Figur 7.6.4: Gjennomkjøring på sideveg (Ø-V).....	270
Figur 7.6.5: Høyresving fra sideveg (V-S))	271
Figur 7.6.6: Venstresving fra sideveg (Ø-S)	272
Figur 7.6.7: Venstresving fra motorveg (S-V)).....	273
Figur 7.6.8: Høyresving fra motorveg S-Ø).....	274
Figur 7.6.9: Faktisk og forventet plassering av møtende trafikk ved venstresving	275
Figur 7.6.10: Sikthindrende rekkverk på broen	276
Figur 7.6.11: Faktisk og forventet plassering av møtende trafikk ved høyresving.....	276
Figur 7.6.12: Krysningssituasjon i hovedkryssene (signalregulert DDI er vist).....	277
Figur 7.6.13: Illustrasjon av siktlinjer til motgående kjørefelt i hovedkrysset	278
Figur 8.0.1: Modifisert T-kryss	282
Figur 8.0.2: RCUT	284
Figur 8.0.2: DDI.....	286

Tabeller

Tabell 1.4.1: Rapportens oppbygning	4
Tabell 2.3.1: Oversikt over bidragsytere til rapporten	8
Tabell 2.3.2: Eksempler på situasjoner med ukjent trafikantatferd.....	21
Tabell 3.1.1: Oppsummering av rapporter om alternative kryssløsninger	29
Tabell 3.1.2: Egenskaper og virkemåte for DLT-krysset	30
Tabell 3.1.3: Egenskaper og virkemåte for MUT-krysset.....	31
Tabell 3.1.4: Egenskaper og virkemåte for CGI Interchange-krysset.....	32
Tabell 3.1.5: Egenskaper og virkemåte for Jughandle intersection	33
Tabell 3.1.6: Egenskaper for RCUT-kryss	34
Tabell 3.1.7: Egenskaper og virkemåte for DDI-kryss	35
Tabell 3.2.1: Oppsummering mest relevante håndbøker for utredning av vegkryss.....	36
Tabell 3.2.2: Oversikt over kjøremåter	41
Tabell 3.2.3: Deler i håndbok N300 og deres relevans for alternative kryssløsninger	43
Tabell 3.2.4: Generelle prinsipper for skilting	44
Tabell 3.2.5: Dimensjoner for langsgående linjer (mål i meter)	45
Tabell 3.3.1: Samfunnets gjennomsnittlige kostnader for ulike kryssulykker	49
Tabell 3.3.2: Risikonivået i ulike typer vegkryss	51
Tabell 3.3.3: Karakteristikk for de ulike typene konfliktpunkter.....	52
Tabell 3.3.4: Antall og type konfliktpunkter fordelt på vanlige krysstyper i Norge.....	52
Tabell 3.4.1: Innvirkning av ulike forhold på utslipp i vegkryss	54
Tabell 3.4.2: Oversikt over relevant litteratur for utslipp knyttet til vegkryss	55
Tabell 3.5.1: Forklaring av modellnivåer i trafikmodellering.....	56
Tabell 3.5.2: Forklaring, virkemåte og eksempler på ulike trafikksimuleringsverktøy	57
Tabell 3.5.3: Forklaring og funksjonalitet for «noder», «lenker» og «sentroider»	57
Tabell 3.5.4: Beslutningsprosess i feltbyttmodellen.....	60
Tabell 3.5.5: Ulike analysemåter i Aimsun	61
Tabell 3.5.6: Beskrivelse av relevante utgangsdata i Aimsun.....	62
Tabell 4.1.1: Fordeler og ulemper med Modifisert T-kryss	64
Tabell 4.2.1: Fordeler og ulemper med Nedskalert RCUT	65
Tabell 4.3.1: Fordeler og ulemper med Nedskalert DDI.....	66
Tabell 5.1.1: Springskurver for modulvogntog MVT3 for Modifisert T-kryss	75

Tabell 5.1.2: Sammenheng mellom Rrampe og startfart (Vrampe)	80
Tabell 5.5.1: Oversikt over fartsnivåene i krysset	110
Tabell 5.6.1: Konfliktpunkter i modifisert T-kryss og kanalisert T-kryss	121
Tabell 5.6.2: Gjennomgang av svingebevegelser for modifisert T-kryss	122
Tabell 5.6.3: Diskusjon av gjennomkjøring (øst til vest)	123
Tabell 5.6.4: Diskusjon av venstresving fra sideveg (sør til vest)	124
Tabell 5.6.5: Fordeler og ulemper ved bruk av dobbel sperrelinje	125
Tabell 5.6.6: Fordeler og ulemper ved bruk av forhøyet oppmerking med refleks.....	126
Tabell 5.6.7: Fordeler og ulemper ved bruk av trafikkøy	127
Tabell 5.6.8: Fordeler og ulemper ved bruk av betongelementer.....	127
Tabell 5.6.9: Fordeler og ulemper ved bruk av vaier-rekkverk.....	128
Tabell 5.6.10: Fordeler og ulemper ved bruk av konvensjonelt rekkverk.....	129
Tabell 5.6.11: Risikoanalyse for modifisert T-kryss	132
Tabell 6.1.1: Spring av MVT3 for RCUT	150
Tabell 6.2.1: Sammenligning av skiltplaner for RCUT	162
Tabell 6.5.1: Oversikt over fartsnivå på ulike lenker i RCUT-krysset.....	175
Tabell 6.5.2: Oversikt over fartsnivå for to forskjøvne T-kryss.....	177
Tabell 6.5.3: Oversikt over fartsnivå på ulike lenker i ruterkryss med rundkjøringer	178
Tabell 6.5.4: Sammenligning av «Subpath»-lengder	179
Tabell 6.6.1: Sammenstilling av konfliktpunkter for RCUT og forskjøvne T-kryss	193
Tabell 6.6.2: Gjennomgang av svingebevegelser for RCUT	195
Tabell 6.6.3: Diskusjon av venstresving fra hovedveg.....	196
Tabell 6.6.4: Diskusjon av venstresving fra sideveg	197
Tabell 6.6.5: Diskusjon av gjennomkjøring langs sideveg.....	198
Tabell 6.6.6: Risikoanalyse for RCUT	203
Tabell 7.1.1: Vurdering av «fletting» for høyresvingefelt	213
Tabell 7.1.2: Vurdering av «vikeplikt» for høyresvingefelt.....	214
Tabell 7.1.3: Sammenheng mellom og hastighet radius på rampe.....	216
Tabell 7.5.1: Oversikt over maksimal hastighet på ulike lenker i DDI-krysset	248
Tabell 7.5.2: Oversikt over fartsnivå på ulike lenker i ruterkryss med rundkjøringer	249
Tabell 7.5.3: Oversikt over «Subpath»-distanser for kryssene (mål i meter).....	252
Tabell 7.5.4: Oppbygning av omløpstiden for ulike belastningsgrader	257
Tabell 7.6.1: Sammenstilling av konfliktpunkter for DDI og ruterkryss	269

Tabell 7.6.2: Gjennomgang av svingebevegelser i DDI	269
Tabell 7.3.6: Diskusjon av gjennomkjøring på sideveg	270
Tabell 7.6.4: Diskusjon av høyresving fra sideveg	271
Tabell 7.6.5: Diskusjon av venstresving fra sideveg	272
Tabell 7.6.6: Diskusjon av venstresving fra motorveg.....	273
Tabell 7.6.7: Diskusjon av høyresving fra motorveg	274
Tabell 7.6.8: Risikoanalyse for signalregulert DDI.....	280

1. Introduksjon

Kapittelet introduserer oppgaven, og består av følgende deler:

- Bakgrunn
- Målsetning og forskningsspørsmål
- Avgrensning
- Rapportens oppbygning

1.1 Bakgrunn

Et trygt og pålitelig transportsystem er avgjørende for den enkelte innbyggers trivsel og næringslivets konkurransekraft. Nordmenns mobilitetsbehov dekkes i utstrakt grad gjennom det offentlige vegnettet, og størsteparten av transportbehovet utføres ved bruk av personbil.

Dagens vegnett knyttes sammen ved hjelp av tradisjonelle kryssløsninger definert i Statens vegvesens håndbøker. I løpet av de siste 30 årene har det foregått et teknologisk kappløp blant de ledende bilprodusentene, og størsteparten av framskrittene innen persontransport har forekommet gjennom forbedringer av kjøretøyene. Forbedringene foreligger i form av nye materialvalg, førerstøttesystemer og annen avansert teknologi. Dette har bidratt til å redusere både sannsynligheten for, og konsekvensene av, trafikkulykker, slik at andelen trafikkdrepte er drastisk redusert siden toppnivået på 70-tallet. Utformingen av vegkryss har imidlertid sett svært få endringer etter rundkjøringens inntog i Norge.

Det er interessant at det ikke har vært større fokus på forbedringer av vegkryssene, ettersom disse utgjør konsentrerte områder hvor det forekommer mange alvorlige trafikkulykker. I tillegg er vegkryss ofte beheftet med avviklingsproblemer, hvilket medfører forringet trafikk-sikkerhet og økt drivstofforbruk. Ofte er fellesnevneren for disse problemene dårlig tilrettelegging av venstresvingebevegelsen. Dette er en bevegelse som har lav prioritet, og som ofte krever større tidsluke enn andre. Problemet er noe mindre i signalregulerte kryss, men her foreligger det ofte behov for en ekstra fase. Dette reduserer grønttiden for andre trafikkstrømmer.

Hovedvegene i Norge er sentrale for transport av varer og tjenester til innbyggere og næringsliv. Det har i de senere år vært stort politisk fokus på å oppgradere hovedvegnettet. Mye av dette er allerede ferdigstilt eller påbegynt. Hovedveggenes nye standard tilrettelegger

for høy fart og stor trafikkmengde, og det bør stilles spørsmålstegn til hvordan disse skal knyttes sammen. Per 2014 foreligger det nye krav til vegkryss framsatt av Samferdselsdepartement vedrørende bruk av rundkjøringer på hovedveger. Kravene fjerner muligheten for bygging av rundkjøringer på nært sagt alle hovedveger med fartsgrense 60 km/t eller høyere. Argumentasjonen bak lovgivningen, er at rundkjøringer på hovedvegnettet hindrer hovedvegtrafikken og medfører behov for nedbremsing med påfølgende forsinkelse. Rundskrivet framsetter dermed tydelige krav om at hovedvegnettet skal sikres full prioritet.

Det stilles videre krav om at hovedvegnettet må bygges hovedsakelig med T-kryss og planskilte løsninger. T-kryss kan være ufordelaktige for venstresvingende sidevegtrafikk, ettersom bevegelsen har lav prioritet og må utføre en relativt farlig manøver. Involverte kjøretøystrømmer har stor hastighetsforskjell og ugunstige kollisjonsvinkler. Planskilte kryss er, på sin side, dyre og arealkrevende, og de nye kravene kan medføre at slike kryss benyttes i situasjoner hvor det egentlig ikke foreligger behov.

I tillegg til ovennevnte krav om redusert bruk av rundkjøringer, framsatte Samferdselsdepartement i 2014 krav om innføring av modulvogntog som dimensjonerende kjøretøy for flere dimensjoneringsklasser. Dette er kjøretøy med tillatt total lengde på 25,25 meter. Endringene som innføres har innvirkning på vegkryssene, ettersom slike kjøretøy krever stort manøvreringsareal.

På bakgrunn av endringene, er det naturlig å studere nye kryssløsninger. Det kan tenkes at det finnes alternative vegkryss som ivaretar prioriteten til hovedvegtrafikken, samtidig som sidevegtrafikken sikres trygg og effektiv avvikling. Arbeidet med slike vegkryss er godt i gang i flere andre land, særlig i USA. Her har utstrakt bruk av personbil medført at mange tradisjonelle vegkryss opererer meget nær, eller over, kapasitetsgrensen. Utredning og implementering av vegkryss med nye kjøremåter og reguleringsformer har i flere tilfeller bidratt til å redusere forsinkelse og tilrettelegge for mer høyverdig arealbruk. Det foreligger også eksempler på implementering av slike vegkryss i Danmark og andre vestlige land. Spørsmålet er om Norge, med sin kompetanse innen samferdsel, også burde tenke nytt når det kommer til morgendagens kryssløsninger på hovedvegnettet.

1.2 Målsetning og forskningsspørsmål

Oppgaven utreder muligheten for å implementere alternative kryssløsninger i det norske vegnettet. Formålet med masteroppgaven er å presentere alternativer til tradisjonelle løsninger som kan bidra til forbedringer over ulike områder. Følgende elementer betraktes i rapporten:

- Geometrisk utforming
- Skilting og oppmerking
- Brøyting og vinterdrift
- Trafikksikkerhetsbetraktninger
- Trafikkmodellering

Rapporten utarbeides på bakgrunn av følgende målsetning:

Målsetningen er å utrede helhetlige løsningsforslag til alternative vegkryss på hovedveger, med bakgrunn i norske krav. Deretter evalueres løsningene isolert, og sammenlignes med tradisjonelle kryss.

Målsetningen brytes deretter ned i konkrete forskningsspørsmål som kan besvares mer eller mindre uavhengig av hverandre. Forskningsspørsmålene belyser problemstillingen fra flere sider.

- Hvordan kan dagens vegnormaler knyttet til geometrisk utforming, skilting og oppmerking benyttes for å etablere alternative vegkryss?
- Hvilke vinterdriftsutfordringer medfører alternative kryssløsninger, og hvordan kan disse løses?
- Sammenlignet med dagens vegkryss, hvor godt presterer ulike alternative kryssløsninger med hensyn til trafikkavvikling, miljøpåvirkning og trafikksikkerhet?

1.3 Avgrensning

Rapporten studerer idealiserte kryssløsninger i forbindelse med påkobling av to veger som begge har dimensjoneringsklasser med standard som «hovedveg» i henhold til N100. Kryssene som utredes består av en primærveg som innehar høyere dimensjoneringsklasse enn sekundærevegene. Kryssenes valgte bruksområder medfører at det ikke vil forekomme interaksjoner med myke trafikanter. Utredningen betrakter heller ikke vertikalgeometri.

1.4 Rapportens oppbygning

Rapporten er strukturert i 10 kapitler, og følger oppsettet beskrevet i Tabell 1.4.1.

Tabell 1.4.1: Rapportens oppbygning

Kapittel	Overskrift	Innhold
1	Introduksjon	Bakgrunn, målsetning og forskningsspørsmål, samt oppgavens begrensninger
2	Metode	Gjennomgang av metodikken for å besvare forskningsspørsmålene
3	Litteraturstudie	Bakgrunnsmateriale for oppgaven
4	Skissefase	Valg av kryss for utredning. Håndtegnede skisser og kort drøfting
5	Utredning av Modifisert T-kryss	Løsningsforslag for alternative vegkryss etter krav i norske vegnormaler
6	Utredning av RCUT-kryss	
7	Utredning av DDI-kryss	
8	Oppsummering og diskusjon	Gjennomgang av resultater, samt betraktninger knyttet til bruk av kryssene på norske veger
9	Videre arbeid	Belyser mangler i arbeidet, og forklarer vegen videre. Konkrete forslag til arbeid som vil styrke oppgavens målsetning
10	Litteraturliste	Kildehenvisninger til litteraturen

2. Metode

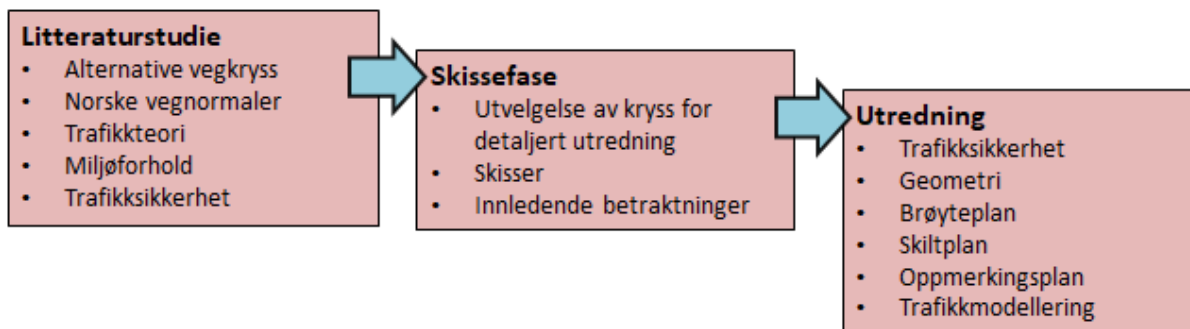
Kapittelet beskriver metoden brukt i oppgaven, og består av følgende deler:

- Metode for litteraturstudiet
- Metode for skissefase
- Metode for utredning av alternative vegkryss
 - Geometrisk utforming
 - Skiltplaner
 - Oppmerkingsplaner
 - Trafikksikkerhet
 - Brøyteplaner
 - Trafikkavvikling og miljøpåvirkning

Rapporten ønsker å utrede alternative kryssløsninger som kan være passende til bestemte bruksområder. Arbeidsprosessen skiller seg dermed fra en «tradisjonell» masteroppgave ved at det foreligger en noe mer kreativ prosess enn vanlig bak utredningen og resultatene. Ettersom det ikke eksisterer håndfaste framgangsmåter for utarbeidelsen av alternative vegkryss, er metoden utarbeidet særskilt for problemstillingen. Den foreslåtte metoden anses som hensiktsmessig for å besvare forskningsspørsmålene.

I en slik tidligfase, er det nærmest individuelt hvilke forhold som legges vekt på. Det foreligger derfor andre betraktninger som også må foretas før endelig implementering kan finne sted. Utredningen av nye kryssløsninger har fulgt en tretrinnsmetodikk, illustrert i Figur 2.0.1, bestående av litteraturstudie, skissefase og utredning. Oppgavens tyngde er hovedsakelig å finne i utredningen, som beror på vurderinger på bakgrunn av de to foregående trinnene.

1. Litteraturstudien utgjør en «state-of-the-art» på alternative kryssløsninger i utlandet. I tillegg vurderes norske håndbøker, miljø, trafikksikkerhet og trafikkmodeller.
2. Skissefasens mål er å velge ut de tre kryssløsningene som anses som mest lovende. Håndtegnede skisser etableres, og deres egenskaper vurderes kort. Kryssene som framkommer i skissefasen utredes videre i trinn 3.
3. De tre valgte kryssene fra trinn 2, utredes. Forhold som ikke styres av håndbøkene drøftes og argumenteres. Det benyttes også enkelte dataverktøy i kartleggingen.

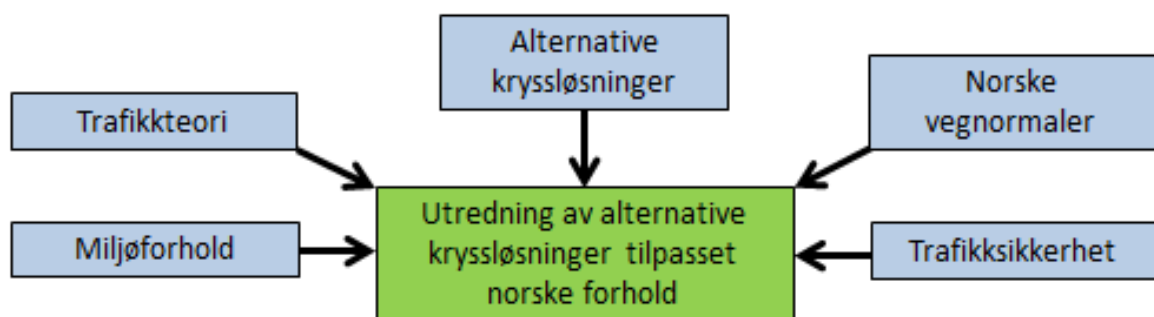


Figur 2.0.1: Metode for utredning av alternative vegkryss

2.1 Metode for litteraturstudiet

Målet med litteraturstudiet er å bygge opp tilstrekkelig teoretisk grunnlag for å utføre utredningen. Her betraktes erfaringsrapporter knyttet til alternative vegkryss, samt fagfelle-vurderte forskningsartikler og offentlige rundskriv angående trafikksikkerhet og miljø. De mest relevante rapportene innen alternative kryssløsninger er offentlige erfaringsdokumenter basert på amerikanske studier. For øvrige betraktninger er det benyttet norske dokumenter.

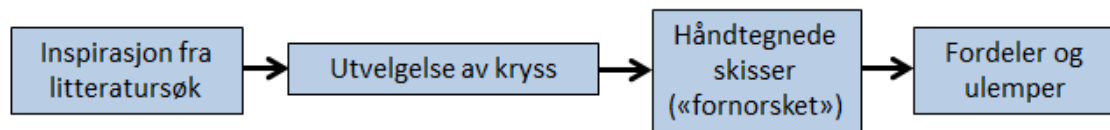
Størsteparten av litteraturstudiet er en gjennomgang av Statens vegvesens håndbøker med hensyn til utforming av vegkryss og tilhørende støttesystemer. I tillegg omhandles vinterdriftshensyn med fokus på brøyting. En prinsippskisse av litteratursøkets bestanddeler er vist i Figur 2.1.1.



Figur 2.1.1: Illustrasjon av litteraturstudiets oppbygning

2.2 Metode for skissefase

Litteraturstudien etterfølges av en kreativ skissefase for å etablere «fornorskede» ideer på bakgrunn av teorien. Skissefasen innledes med presentasjon av tre hensiktsmessige alternativer for videre utredning. Håndtegnede skisser etableres, og fordeler og ulemper med forslagene drøftes i grove trekk for å belyse enkelte av de nedskalerte kryssenes egenskaper. Figur 2.2.1 illustrerer skissefasens oppbygning.



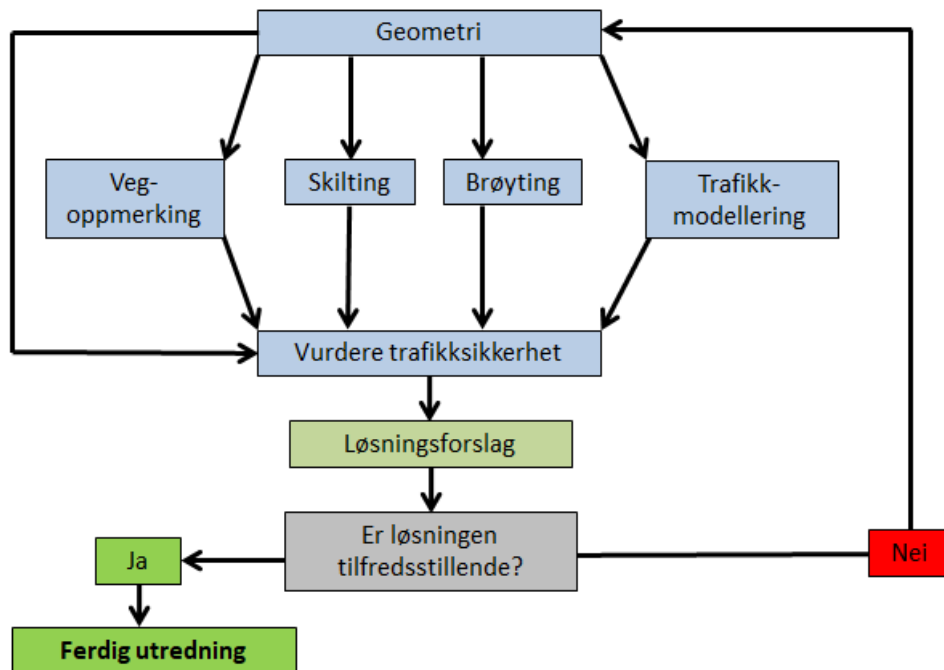
Figur 2.2.1: Illustrasjon av skissefasens oppbygning

2.3 Metode for utredning av alternative vegkryss

Utredningen av de valgte kryssene fra skissefasen utgjør rapportens hovedtema. For hvert kryss etableres det forslag til elementene inkludert i punktlisten under. Disse elementene er grunnleggende, og anses som avgjørende for potensiell implementering i vegnettet.

- Geometrisk utforming
- Vegoppmerking
- Skilting
- Brøyteplan
- Trafikksikkerhetsbetraktninger
- Modellering av trafikkavvikling og utslipp av klimagasser

Utredningen har en struktur der ulike elementer er gjensidig avhengige. Kryssenes geometri er som regel avgjørende for å kartlegge og utrede gjenværende aspekter i listen. Dermed benyttes framgangsmåten som vist i Figur 2.3.1. Metoden anses som hensiktsmessig for å studere kryssenes egenskaper. Enkelte ganger er det nødvendig å utføre iterasjoner tilbake til geometriutredningen. Dette gjelder tilfeller hvor det er oppdaget gjeldende spesialkrav utenfor håndbøkene i litteraturstudiet, og på bakgrunn av tilbakemelding fra fageksperter.



Figur 2.3.1: Illustrasjon av framgangsmåten for kryssutredning

Dialog med fageksperter

Rapporten ønsker å løse konkrete problemstillinger der vegnormalene ikke nødvendigvis er dekkende. Det er derfor fordelaktig å inkludere fageksperter i deler av utredningen. Flere fageksperter i samferdselssektoren har blitt konsultert og har bidratt med kreative innspill. En oversikt over bidragsytere er vist i Tabell 2.3.1.

Tabell 2.3.1: Oversikt over bidragsytere til rapporten

Navn	Stilling og firma	Bidrag til rapporten
Arvid Aakre	Førsteamanuensis ved NTNU og leder for Trafikkteknisk senter	Hovedveileder. Fortløpende tilbakemeldinger ved alle aspekter av utredningen
Terje Giæver	Senior sjefingeniør i Statens vegvesen (SVV)	Ekstern veileder. Gitt føringer på forhold som er viktig å inkludere. Innspill knyttet til vegnormaler
Alex Klein-Paste	Professor i drift og vedlikehold av veger ved NTNU	Sentral bidragsyter i utarbeidelse av brøyteplaner
Thomas Jonsson	Professor i trafiksikkerhet ved NTNU	Innspill og tilbakemeldinger vedrørende trafiksikkerhet og trafikantforståelse

Digitale verktøy

For å styrke oppgaven, er det nødvendig å ta i bruk dataverktøy for bedre visualisering av konseptene. Det foreligger to typer verktøy i utredningen:

- Digitale tegningsverktøy (AutoCAD)
- Dataverktøy for trafikksimulering (Aimsun)

AutoCAD

Utformingen og virkemåten til de fleste av kryssløsningene løsningene er vanskelig å formidle skriftlig. Ettersom utformingen av kryssene er såpass sentralt i oppgaven, er det viktig at det benyttes gode tegningsverktøy slik at prinsippene framheves.

Programvaren AutoCAD, versjon 2018, er benyttet for å utvikle og illustrere vegkryssenes geometri, samt utarbeide skiltplaner, oppmerkingsplaner og brøyteplaner. Det er benyttet spesialmoduler for veg- og gateplanlegging utarbeidet av *Trimble Solutions*. Modulene tilhører Novapoint-programvaren og benyttes flittig av vegplanleggere og rådgivende ingeniører for å etablere byggetegninger og vegtraséer. Novapoint-modulene i følgende punktliste er benyttet i arbeidet, og gjennomgås i delkapitler hvor deres bruk er relevant. Modulene muliggjør figurer med tilsvarende kvalitet og lesbarhet som illustrasjoner i vegnormalene.

- Novapoint Vegskilt
- Novapoint Vegoppmerking
- Novapoint Sporingskurver

Aimsun

Trafikkmodellering benyttes for å kartlegge effektene av alternative vegkryss på trafikk-avvikling og utslipp. Ettersom kryssene har utradisjonell geometri, er det nødvendig å benytte et modelleringsverktøy som tillater brukeren å definere alle aspekter ved krysset.

I tillegg er det av interesse å kunne besiktige trafikkforholdene manuelt, for å kontrollere at kryssene virker som tiltenkt. Aimsun 8.2, innehar den etterspurte funksjonaliteten og er derfor benyttet. Programmet kan brukes til modellering på mikro-, meso- og makronivå, men benyttes kun på mikronivå i denne rapporten.

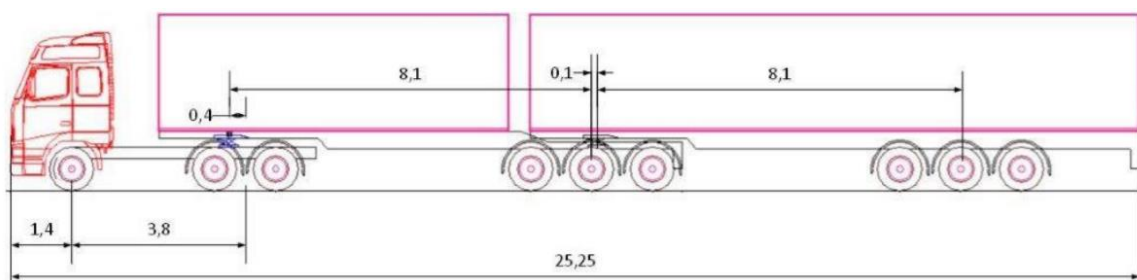
Geometrisk utforming

For å utarbeide reelle løsningsforslag, bør kryssenes geometriske utforming utredes mest mulig detaljert. I forkant av utformingen er det viktig å kartlegge bruksområdet til krysset. Geometrien avhenger av bruksområdet, ettersom geometrisk utforming beror på konkrete valg av dimensjoneringsklasser i N100. Dette gjelder både hovedveg og sideveg(er) i krysset.

Med utgangspunkt i håndbøker som N100, V120 og V121 utarbeides en geometrisk «minimumsløsning» som skal tilfredsstillere flest mulig krav. Med begrepet «minimumsløsning» menes en geometri som tilfredsstiller de fleste kravene, men ikke nødvendigvis tar høyde for gjennomkjørbarhet for dimensjonerende kjøretøy. Dette må kontrolleres iterativt etter forslaget til geometri er anrettet. Enkelte elementer i geometrien vil heller ikke være dekket av vegnormalene. Slike tilfeller løses gjennom to mulige fremgangsmåter:

1. Anvende prinsippene i vegnormalene på en «alternativ» måte
2. Benytte utformingsprinsipper fra andre land til å tilpasse kryssets geometri på en måte som samsvarer mest mulig med norske prinsipper.

Uavhengig av framgangsmåten som velges, er det behov for en drøfting av løsningsforslaget vedrørende dets samsvar eller avvik med grunnprinsippene for norsk vegutforming. For oppgavens henseende introduserer «NA-rundskriv 2015/14» modulvogntog som dimensjonerende kjøretøy for nye veger bygget med dimensjoneringsklassene H1 - H9, hvor kjøremåte A skal sikres for både veger og kryss. Kryssene som etableres i oppgaven utformes som tilknytning mellom hovedveger (H1 - H9), slik at disse kravene er gjeldende. En prinsipp-skisse av modulvogntoget er vist i Figur 2.3.2.



Figur 2.3.2: Skisse av modulvogntog (NA-rundskriv 20105/14)

Gjennomkjørbarhet for modulvogntog sikres i henhold til gjeldende kjøremåte med bruk av «sporingsmodulen» i AutoCAD. Denne omtales i det følgende.

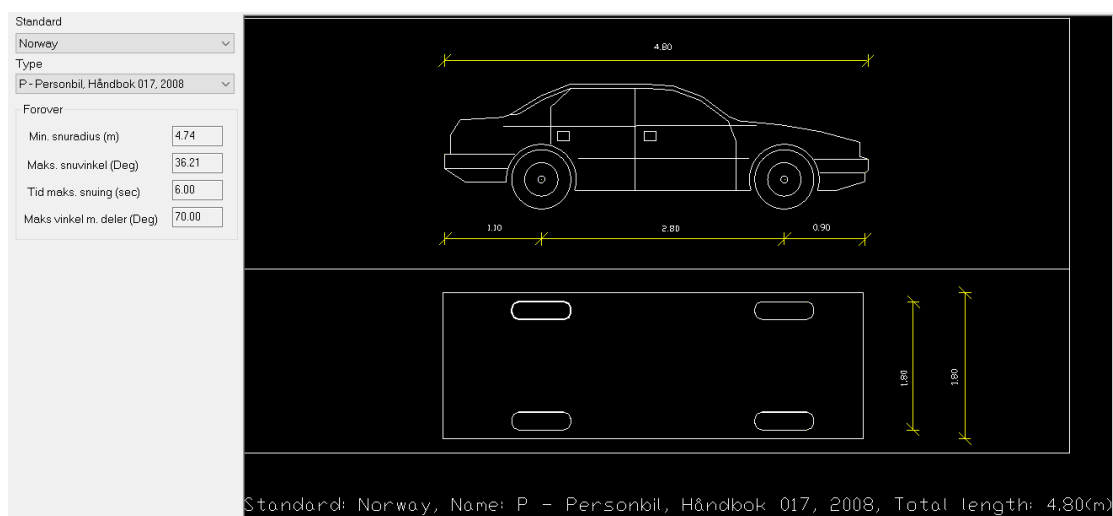
Novapoint Sporingverktøy

Sporingsmodulen er et verktøy som tillater brukeren å modellere kjørebegivelser. Det foreligger mange muligheter for valg av kjøretøy, i alle størrelser. Modellen tar høyde for plasseringen av kjøretøyets forhjul, bakhjul og overheng, og produserer dekningsflater som funksjon av soringens ytre kantlinjer. Resultatet er en soringsskurve som illustrerer behov for breddeutvidelser eller overkjørbare arealer.

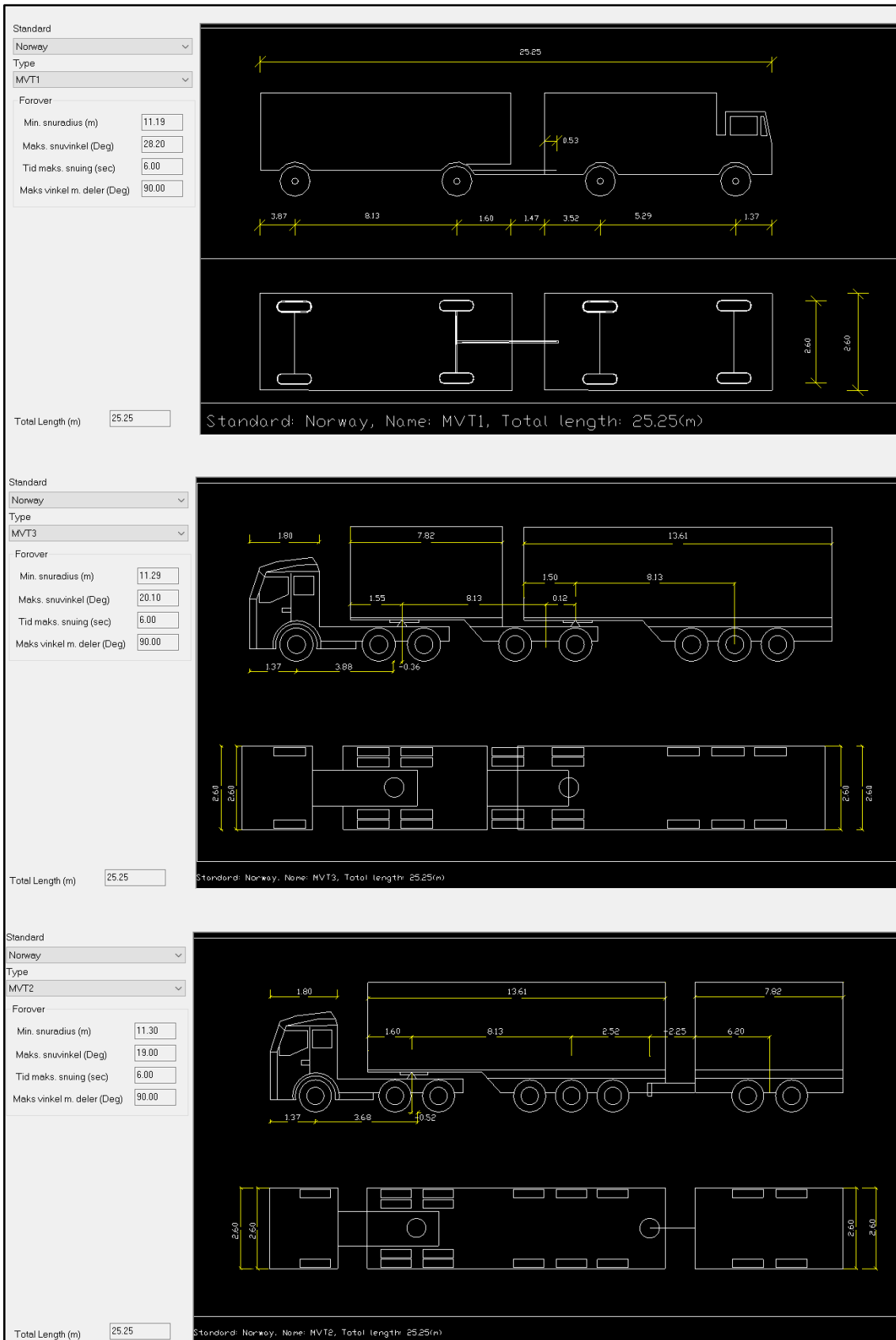
Det er viktig å stadfeste hvilke kjøretøymodeller som skal benyttes i soringen. Det finnes tre typer modulvogntog i soringssmodulen, MVT1, MVT2 og MVT3, som alle har total lengde lik maksimalkravet på 25,25 meter. Modulvogntogene skiller seg fra hverandre gjennom ulike konfigurasjon av semitrailer og påhengsvogn. Dette medfører ulike verdier for svingradius og andre parametere som har betydning for manøvrerbarheten. Gjennomkjørbarhet kontrolleres derfor for alle tre modulvogntogene. Modulvogntogene er illustrert i Figur 2.3.4.

Sporingsanalyser viser at konfigurasjonen av trekk- og påhengsvogn i MVT3 medfører størst svingradius. Det erfarer at de to andre modulvogntogene sikres gjennomkjørbarhet dersom denne ivaretas for MVT3. MVT3 er dermed å anse som dimensjonerende, og disse soringene presenteres i rapportens hovedtekst. Det henvises til aktuelle vedlegg for soringsskurver tilhørende MVT1 og MVT2.

Det er også viktig å betrakte krysset gjennom ståstedet til en «gjennomsnittlig» personbil-sjåfør. For slike soringer, benyttes modellen for «personbil, 2008», vist i Figur 2.3.3.



Figur 2.3.3: Prinsippskisse av personbil i soringssmodulen til AutoCAD

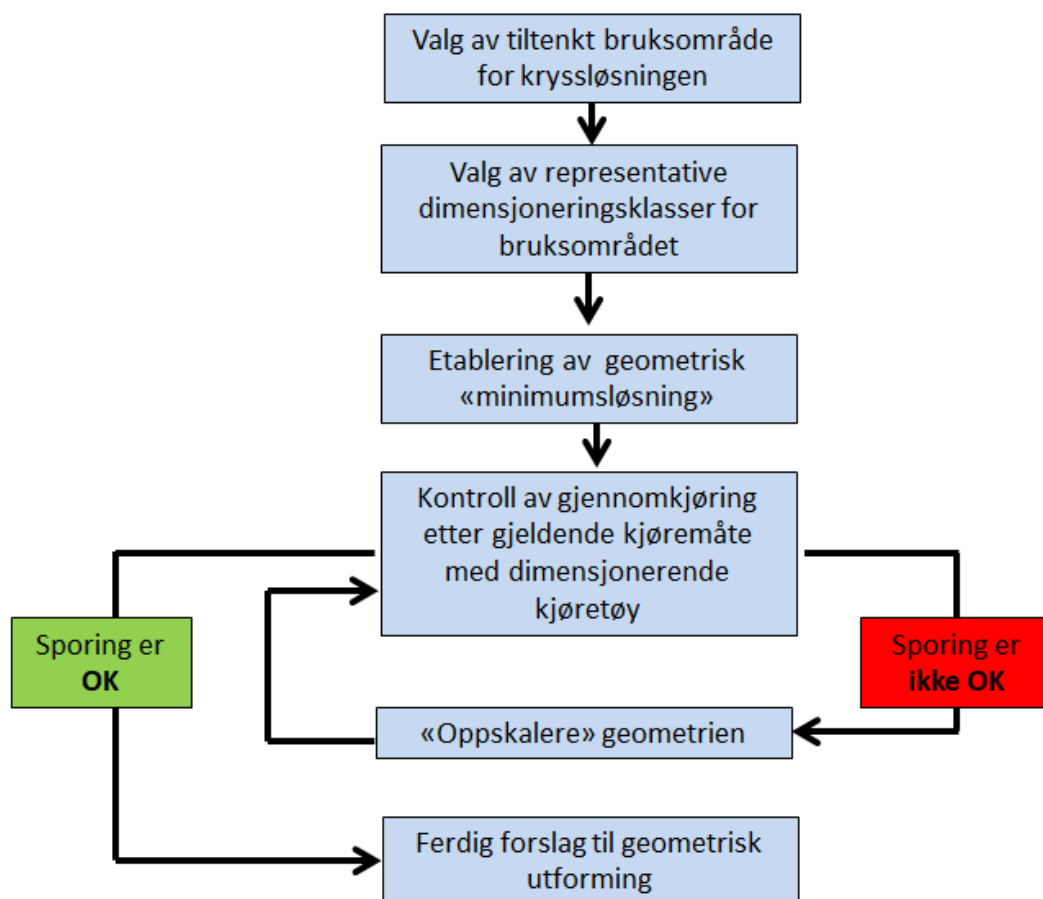


Figur 2.3.4: Modulvogntog MVT1 (øverst), MVT2 (midten) og MVT3 (nederst)

Følgende punkter illustrerer situasjoner hvor det er hensiktsmessig å spore med «personbil»:

- Sporing for personbil benyttes i tilfeller hvor det er av interesse å anrette breddeutvidelse for modulvogntog. I slike tilfeller hender det at kjørefeltene blir såpass brede at det i praksis er tilstrekkelig plass til at to personbiler kan plassere seg i bredden på den aktuelle tilfarten. Sporing av personbil benyttes for å avgjøre hvor mye av kjørefeltbredden som bør anrettes med overkjørbart areal, slik at den resterende bredden gir god (men ikke unødvendig stor) plass for personbil.
- Sporing for personbil benyttes ved betraktninger av siktforhold i vikepliktsituasjoner. Her velges en sannsynlig plassering av kjøretøyet bak vikelinjen, og forenklede sikttrekanter etableres.
- Sporing for personbil benyttes ved utforming av geometriske elementer for å forhindre utilsiktede svingebevegelser inn i motgående kjøreretning.

Metodikken for utredning av geometrisk utforming er oppsummert i Figur 2.3.5.



Figur2.3.5: Metodikk for utredning av geometrisk utforming

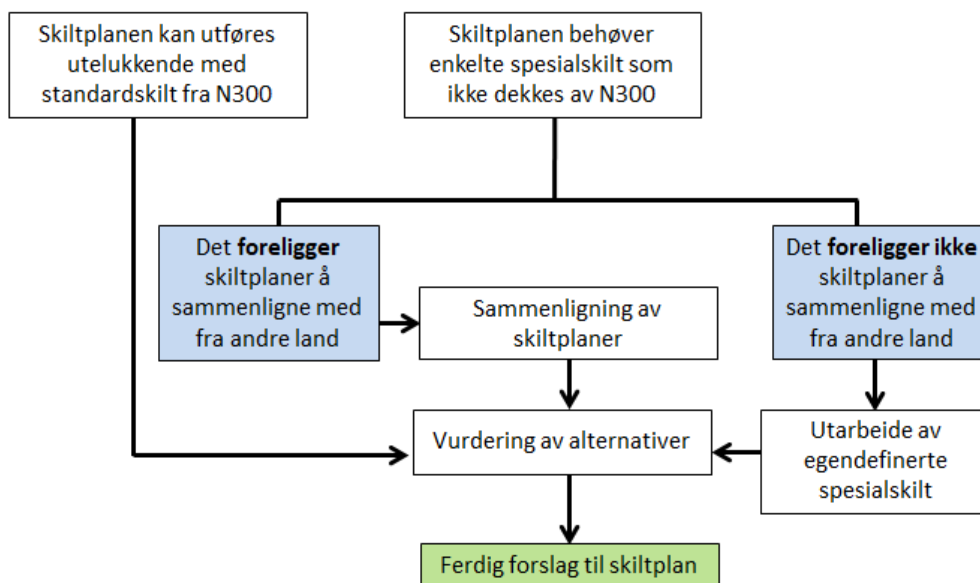
Skiltplaner

Plassering og bruk av vegskilt er viktig for at kryssløsninger skal oppfattes som oversiktlige. Rapporten utarbeider forslag til skiltplan for de tre utvalgte kryssene. Det er ønskelig å utarbeide skiltplaner som utlukkende benytter standardskilt angitt i skiltnormalen N300. Dersom det foreligger flere aktuelle skiltforslag i N300, blir disse drøftet.

Ettersom utredet geometri ikke alltid samsvarer med skiltenes tradisjonelle bruksområder, vil enkelte elementer i skiltplanen sannsynligvis ikke være dekket i N300. Slike tilfeller tenkes løst gjennom to mulige fremgangsmåter:

1. Anvende skiltforslag fra andre land
2. Utarbeide egne skiltforslag

Majoriteten av de foreslåtte kryssene er hentet fra andre land. Det kan derfor være hensiktsmessig å foreta en sammenligning av eksisterende skiltplaner. Ettersom kryssene skiller seg fra standardløsningene i Norge, kan det være aktuelt å diskutere bruk av skilt som ikke finnes i N300. Uavhengig av framgangsmåten, drøftes skiltplanens samsvar eller avvik fra hovedprinsippene. Framgangsmåten for utarbeidelse av skiltplaner er vist i Figur 2.3.6.



Figur 2.3.6: Framgangsmåte for utarbeidelse av skiltplaner

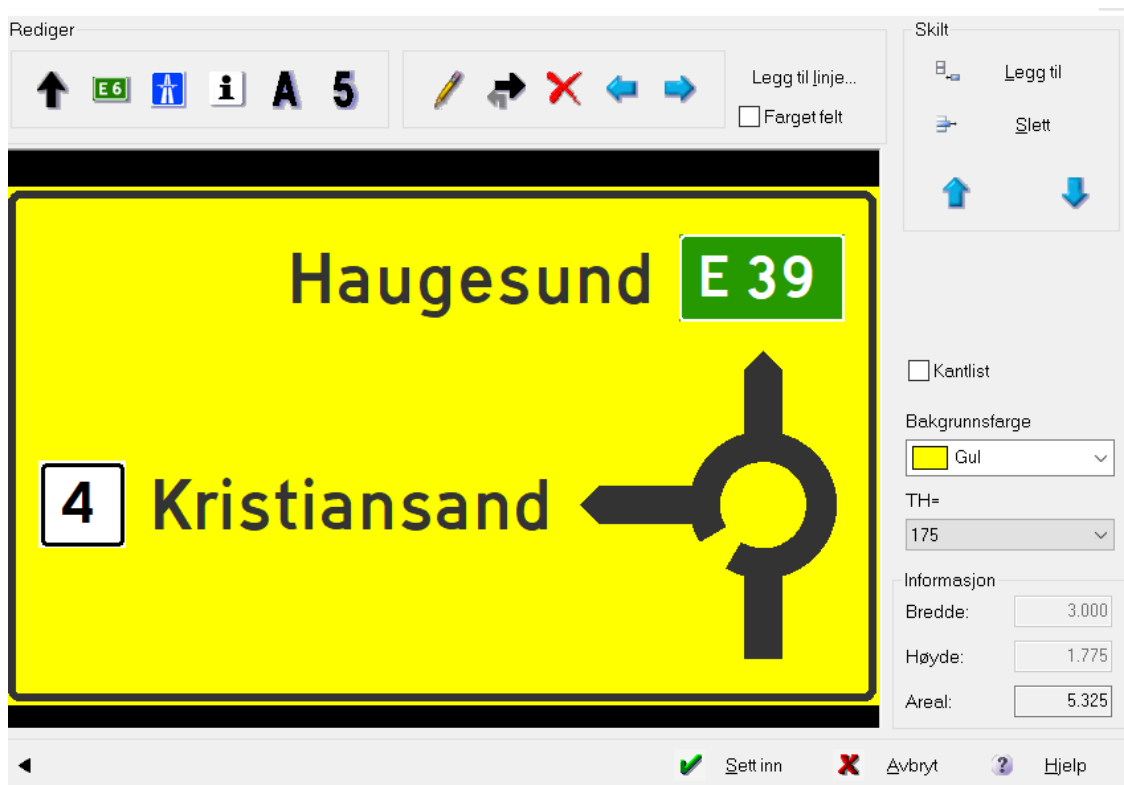
Det kreves gode tegningsverktøy for å illustrere prinsippene. Skiltmodulen i AutoCAD benyttes, og omtales i det følgende.

Novapoint Skiltmodul

Det er nødvendig å benytte programvare som illustrerer skiltene på en profesjonell måte. Novapoint Skiltmodul er et verktøy som illustrerer vegskiltenes innhold og plassering. Verktøyet har et innebygget «skiltbibliotek», hvor alle norske standardskilt inngår. Skiltene er gruppert etter samme framgangsmåte som i skiltnormalen N300. Skiltmodulen har også et verktøy som tillater utforming av egendefinerte vegvisningsskilt, illustrert i Figur 2.3.7. Skiltmodulen lar brukeren bestemme de fleste parametere som inngår i skiltet. Eksempler er:

- Retningsanvisning på vegvisningsskilt
- Stedsnavn og vegnummer
- Kjøretøyplassering i kryssene
- Bakgrunnsfarge på skilt (f.eks. blå for motorveg)

Skiltenes størrelse vurderes ikke i rapporten. Det foreligger konkrete retningslinjer for skiltstørrelse i N300, og disse forutsettes brukt uten endringer ved implementering.



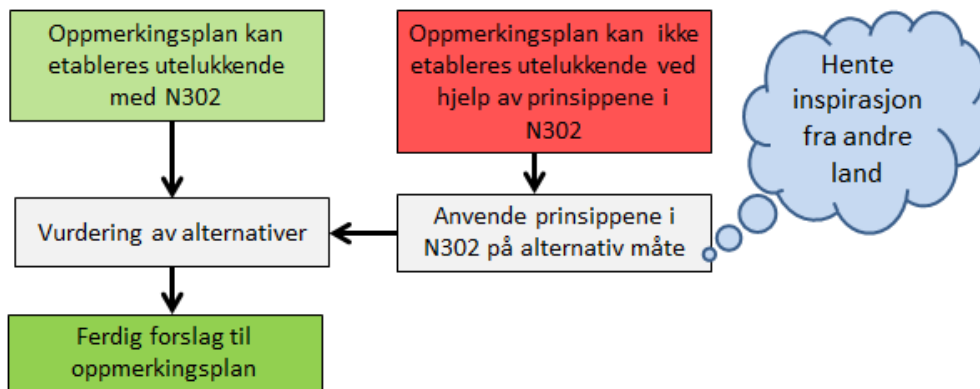
Figur 2.3.7: Redigeringsverktøy for brukerdefinerte vegvisningsskilt

Oppmergingsplaner

Vegoppmerking er viktig for å øke trafikantforståelsen, og det skal utarbeides forslag til oppmergingsplaner for de valgte kryssene. De fleste utredede konseptene har utradisjonell geometri, og er det nødvendig å vurdere hvordan oppmerkingen kan utføres for å samsvare mest mulig med retningslinjene. Der geometrien ikke samsvarer med standardløsningene i N302, foreligger det to mulige framgangsmåter. Uavhengig av framgangsmåten, drøftes oppmergingsplanens samsvar eller avvik fra hovedprinsippene i N302.

1. Alternativ bruk av eksisterende prinsipper i N302
2. Anvende prinsipper fra andre land

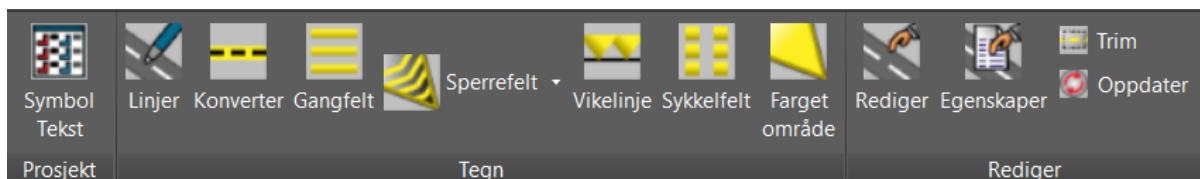
Metodikken for utarbeidelse av oppmergingsplaner er vist i Figur 2.3.8.



Figur 2.3.8: Metodikk for utarbeidelse av oppmergingsplaner

Novapoint Oppmergingsmodul

Det er sentralt for utarbeidelse av oppmergingsplanene at det benyttes gode tegningsverktøy. Derfor brukes «Novapoint vegoppmerking» i AutoCAD. Verktøyet lar brukeren anrette oppmergingslinjer, symboloppmerking og sperreområder i samsvarer med krav og retningslinjer i N302. Noe av funksjonaliteten i modulen illustreres i Figur 2.3.9. I denne oppgaven, benyttes hovedsakelig funksjonene «linjer», «symboltekst», «sperrefelt» og «vikelinje».



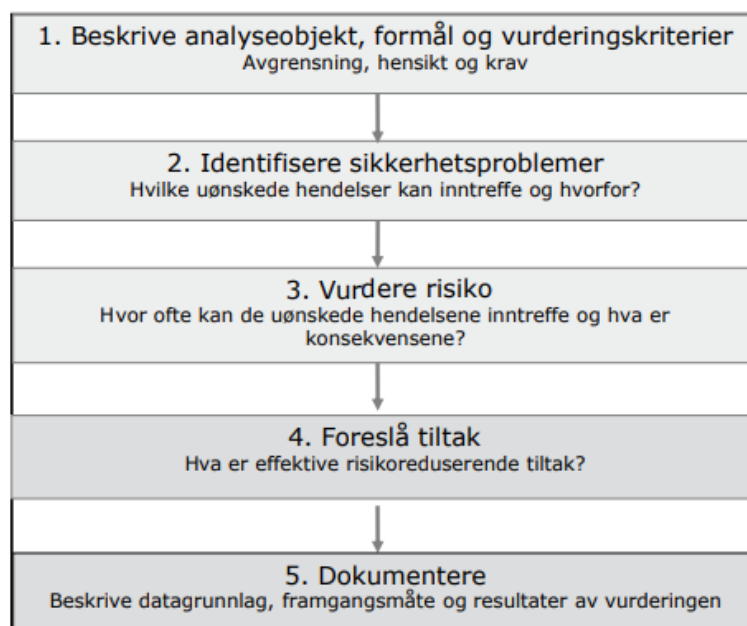
Figur 2.3.9: Verktøylinje for oppmerking i «Novapoint Vegoppmerking»

Trafikksikkerhet

Dersom nye kryssløsninger skal implementeres, må trafikksikkerheten ivaretas. Hensikten med trafikksikkerhetsutredningen er å kartlegge faremomenter som kan medføre ulykker med person- og materialskader. Etersom kryssløsningene befinner seg i tidligfasen, er det vanskelig å vurdere trafikksikkerheten «vitenskapelig». Trafikksikkerhetsutredningene baseres på subjektive betraktninger, samt opptelling av konfliktpunkter og drøfting av «endrede» svingebevegelser. Erfaringer diskuteres dersom disse foreligger for lignende kryss. Thomas Jonsson, professor i trafikksikkerhet ved NTNU, har også bidratt med innspill.

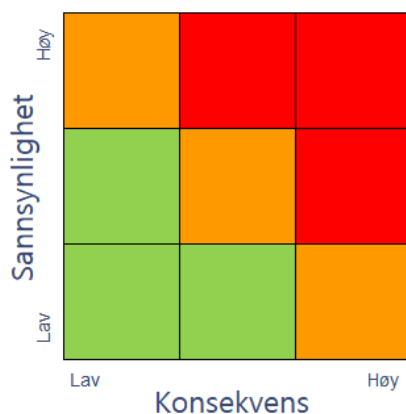
For betraktninger som beror på sammenligning mellom alternativ og tradisjonell kryssløsning, behøves en vurdering av hvilken eller hvilke krysstyper den nye løsningen tenkes å erstatte. På bakgrunn av valget, diskuteres trafikksikkerhetsutfordringene i den tradisjonelle løsningen. Videre sammenlignes og drøftes konsekvenser av endrede svingebevegelser, og det foretas betraktninger knyttet til trafikantforståelse i de nye kryssene. I tillegg utføres enkle vurderinger av siktforhold, bruk av rekkverk, trafikkøyer og andre geometriske elementer som kan representere risiko.

Avslutningsvis gjennomføres en grov risikoanalyse i tråd med HAZID-modellen (hazard identification) for å vurdere faremomenter i kryssløsningen sett isolert. Analysen baserer seg på framgangsmåten beskrevet i V721. Modellen består av fem trinn, gjengitt i Figur 2.3.10.



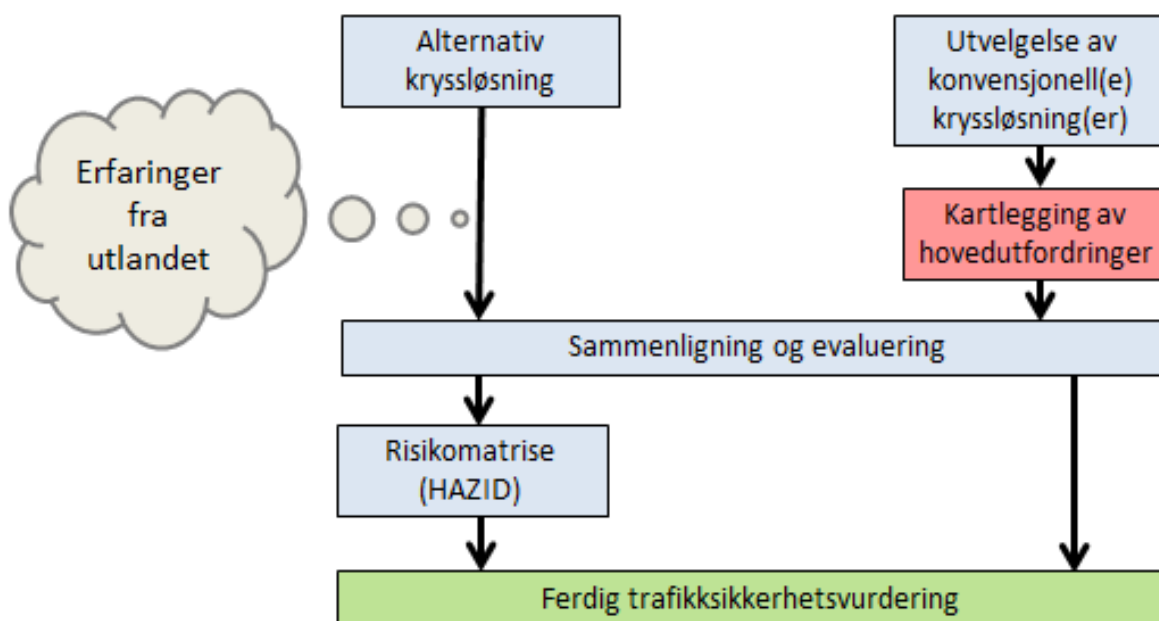
Figur 2.3.10: Trinn i risikovurdering (V721, s.10)

Risikovurderingen som gjennomføres baserer seg på trinn 1 - 4, hvilket medfører at trinn 5 sløyfes. Det foreligger ikke grunnlag for å dokumentere vurderingene i tilstrekkelig grad, ettersom disse baserer seg på prinsipielle vurderinger. Vedrørende trinn 3 finnes det heller ikke grunnlag for å vurdere hvor ofte de uønskede hendelsene kan inntreffe. Analysen operer dermed med skjønnsmessige betraktninger for sannsynlighet (S) og konsekvens (K) kategorisert som «høy», «middels» eller «lav». En forenklet klassifisering av risiko er vist i Figur 2.3.11. Risikoen (R) defineres dermed enten som kritisk (rød), alvorlig (oransje) eller neglisjerbar (grønn).



Figur 2.3.11: Klassifisering av risiko i en forenklet risikomatrix

Framgangsmåten som benyttes for å utrede trafikksikkerheten er vist i Figur 2.3.12.

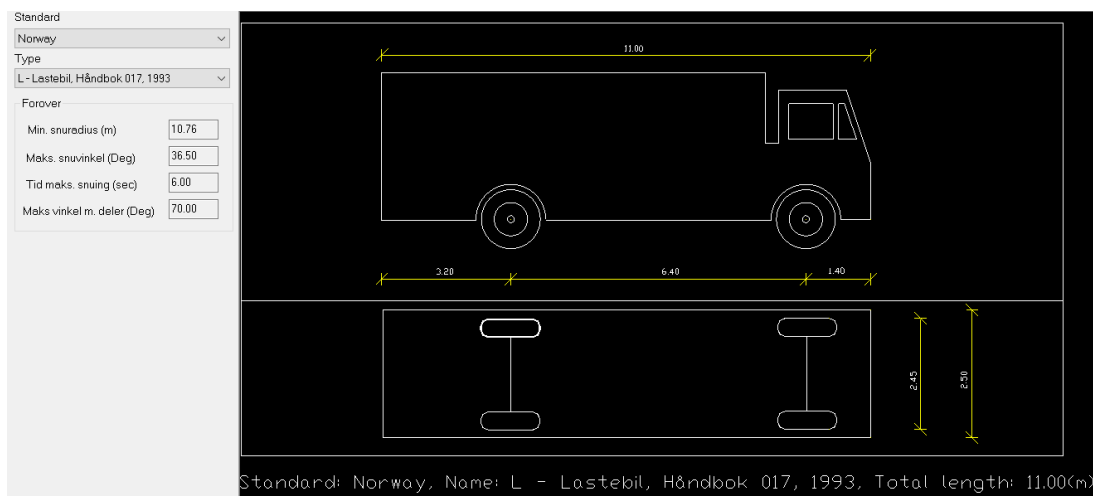


Figur 2.3.12: Framgangsmåte for utredning av trafikksikkerhet

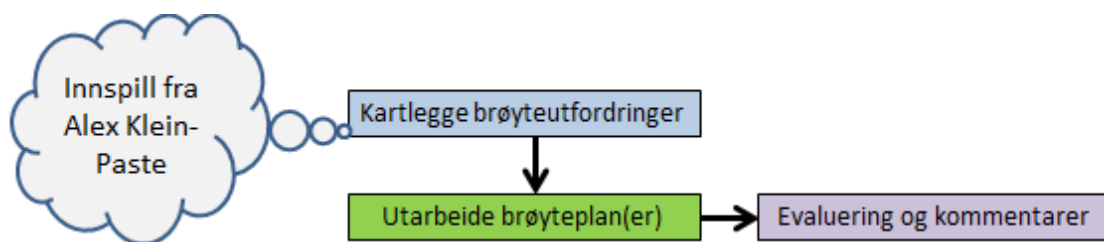
Brøyteplaner

Rapporten utreder forslag til brøyteplaner for å redusere avstanden mellom planleggere og brøytemannskap. Professor Alex Klein-Paste ved NTNU har bidratt med ekspertise. Formålet med brøyteplanene er å holde kryssene snøfrie på en kostnadseffektiv måte. Først kartlegges kryssets utfordringer med tanke på vinterdrift. Deretter etableres brøyteplaner, der forhold som plogstilling, brøytesekvens og ruter for involverte brøytebiler kommenteres. Dersom brøytebiler må snu for å returnere til krysset, vil dette også kommenteres i brøyteplanene.

Brøyteplanene etableres med sporingskurver i AutoCAD for dimensjoneringsklassen «lastebil», ettersom ikke eksisterer egen «brøytebil» i programvaren. Denne kjøretøyklassen, illustrert i Figur 2.3.13, er mest samsvarende med brøytebiler som benyttes på hovedveger. Sporingene utføres for å illustrere brøytebilenes ruter gjennom krysset, og vil dermed også indikere områder som brøytes mindre helhetlig. Dette gir riktignok ikke en fullgod representasjon av brøytebilens dekningsgrad. Plogen inkluderes ikke i sporingen, og det er tenkelig at den brøytede bredden er noe større. En oversikt over metoden er vist i Figur 2.3.14.



Figur 2.3.13: Prinsippskisse av lastebil i sporingsmodulen til AutoCAD



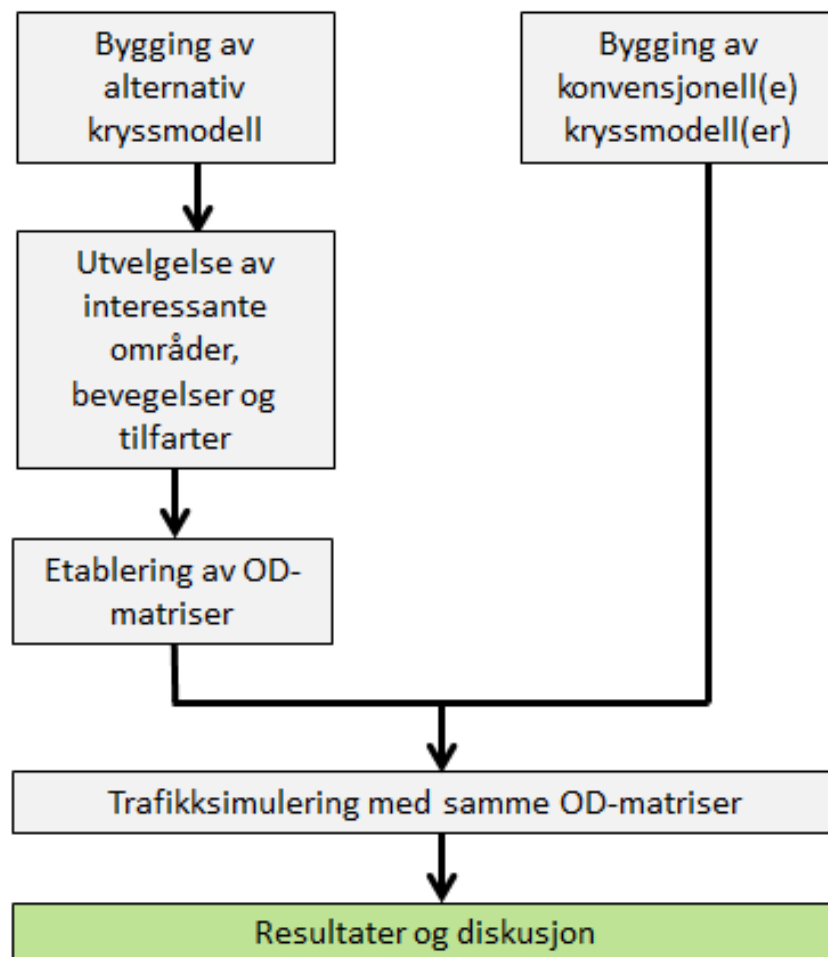
Figur 2.3.14: Framgangsmåte for utarbeidelse av brøyteplaner

Trafikkavvikling og miljøpåvirkning

Programvaren Aimsun 8.2 benyttes til trafikksimuleringer knyttet for de utvalgte kryssene. Formålet med simuleringene er å betrakte konsekvensene av endret geometri, kjøremønstre og reguleringsformer. Følgende framgangsmåte benyttes:

1. Forutsetninger og antakelser
2. Bygging av kryssmodeller
3. Avgrensning av områder for betraktning
4. Etablering av trafikketterspørsel
5. Uthenging av resultater

Framgangsmåten for utredning av trafikkavvikling og miljøpåvirkning er vist i Figur 2.3.15.



Figur 2.3.15: Framgangsmåte for utredning av trafikkavvikling og utslipp

Forutsetninger og antakelser

Modelleringen utføres med idealiserte trafikkforhold. Trafikkdataene som brukes, er fiktive og ikke basert på trafikktegninger. Dette står i motsetning til trafikk-modeller som baserer seg på konkrete case-områder. Ettersom kryssløsningene ikke har vært bygget i Norge før, foreligger det ikke kjennskap til trafikantatferd, og det er vanskelig å kalibrere modellen. Enkelte situasjoner i utredningen hvor det oppstår slik usikkerhet er listet opp i Tabell 2.3.2.

Tabell 2.3.2: Eksempler på situasjoner med ukjent trafikantatferd

Beskrivelse av situasjon	Konkret eksempel
Plassering ved vikelinjen i «uvante» vikepliktsituasjoner	Sideveg og U-svingefelt i RCUT-krysset
Trafikanters valg av tidsluker i «uvante» vikepliktsituasjoner	Sideveg på RCUT: Her er forkjøringsregulerte, envegskjørtede T-kryss med stor hastighet på hovedveg DDI-kryss: Vikeplikt nærmest forfra i hovedkrysset (i vikepliktsregulert versjon)
Kjøring på «motsatt side» av vegen	Over broen i DDI-krysset
Fartsvalg ved ukjent utforming	DDI og RCUT (særlig langs sideveger)
Utradisjonell plassering av rekkverk	Modifisert T-kryss: Rekkverk deler trafikkstrømmer i samme retning

De alternative vegkryssene sammenlignes opp mot tradisjonelle vegkryss for samme bruksområde. For de tradisjonelle vegkryssene som benyttes i sammenligningen, er trafikantatferd grundig kartlagt. Det er ønskelig at resultatene fra simuleringene er mest mulig sammenlignbare. Konsekvensen av dette er at forhåndsdefinerte standardverdier brukes i simuleringene for både de alternative og tradisjonelle vegkryssene.

Dette kan medføre redusert troverdighet sammenlignet med de virkelige forhold, men relative forskjeller mellom alternative og tradisjonelle kryss vil kunne være sammenlignbare. Det er sannsynlig at slike relative forskjeller vil oppstå i virkeligheten. Analysen kan dermed benyttes til å studere bakenforliggende trender. Det vil oppstå problemer dersom kryss med ulike reguleringsformer modelleres mot hverandre, og slike sammenligninger vil være beheftet med større usikkerhet.

Bygging av kryssmodeller

Geometri defineres gjennom elementene «node» og «lenke». For lenker gjøres følgende valg:

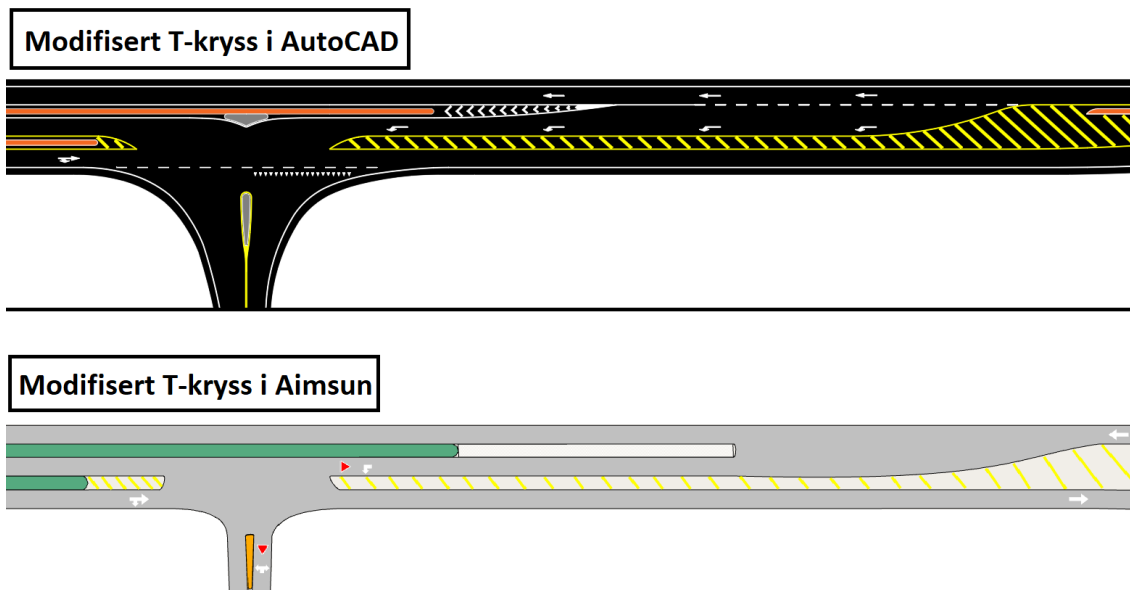
- Lenkene settes som «primærveg» med kapasitet på 900 pcu/t (personbilekvivalenter per time). Dette er en noe lav maksimalkapasitet, som tilsvarer 4 sekunder følgetid. Lenkenes kapasitet er ikke av særlig interesse, ettersom kombinasjonen av kryssenes tilstedeværelse og påførte trafikkmengder, medfører at avviklingen forringes før lenkenes kapasitet overskrides. Dette er dermed en konservativ antakelse.
- Fartsgrensen (maximum speed) settes som skiltet fartsgrense i kryssområdet, eller som realistisk kjøretøyfart på enkelte lenker. Dette gjelder særlig avkjøringsfelt.
- Vegbredden settes i henhold til bredden bestemt i geometriutredningene. Kryssmodellene tar ikke hensyn til breddeutvidelse for tunge kjøretøy.
- Lenkenes stigning er alltid null, selv ved på- og avkjøringsramper i planskilte kryss. Forenkling forsvares med at relative forskjeller mellom kryssene utlignes.

For noder er valgene mer spesialiserte, og avhenger av reguleringsform, prioritet og tillatte svingebevegelser. I signalregulerte kryss, benyttes «yellow box». Parameteren «turn speed» settes til «auto», slik at svingefarten tilpasses kurvaturen som bevegelsen medfører.

De alternative kryssmodellene anrettes i størst mulig samsvar med den utredede geometrien. Dette gjelder særlig følgende forhold:

- Kjørefeltbredder
- Lengder for av- og påkjøringsfelt
- Dimensjoner på trafikkløyer
- Fartsgrenser
- Reguleringsformer

Det er vanskeligere å ta hensyn til dimensjoner i nodene og nøyaktige kurveradier. Disse aspektene er riktignok mindre vesentlige. Resultatene påvirkes lite av slike geometriske detaljer, og modellene anses som tilfredsstillende for å utføre trafikksimuleringer på et overordnet nivå. Et utsnitt av geometritegning og samsvarende utsnitt av trafikmodell for ett kryss er vist i Figur 2.3.16.



Figur 2.3.16: Bygging av Aimsun modell fra geometri i AutoCAD

De tradisjonelle kryssene bygges i noe mindre detalj, sammenlignet med de alternative modellene. Tradisjonelle løsninger anrettes riktignok med samme dimensjoneringsklasser som i de nye kryssløsningene, med tilhørende tverrsnitt. Øvrig geometri anrettes etter retningslinjer i V121 og N100. Samtidig, benyttes tilnærmet identiske avstander mellom sentroidene.

Avgrensning av områder for betraktning

Kryssenes geometri og bruksområder er forskjellige, slik at analysemetoden som benyttes varierer avhengig av hvilke forhold som er av interesse. Aimsun kan analysere trafikken på ulike nivåer. For oppgaven er det tilstrekkelig å benytte analysemetodene «network»-, «subpath»- og «section»-analyse. Disse er grundigere forklart i delkapittel 3.5.

- «Network»-analyse benyttes for å betrakte forsinkelse og utslipp for hele krysset.
- «Subpath»-analyse benyttes for å studere konsekvensen av endrede kjøretøybevegelser og reguleringsformer. Her betraktes forsinkelse og reisetid.
- «Section»-analyse benyttes for kartlegging av kølengde på kritiske lenker.

Etablering av trafikketterspørsel

Aimsun opererer med følgende to metoder for å påføre trafikk i et nettverk, og det behøves et valg av hvilken metode som skal brukes:

1. Trafikketterspørsel definert av sentroider og OD-matriser
 - Sentroider fungerer som startpunkt og slutt punkt for trafikkstrømmer, og er nødvendige dersom etterspørselen defineres med OD-matriser. OD-matrisene er en oversikt over antallet kjøretøy som har de ulike sentroidene som start- og slutt punkt.
2. Trafikketterspørsel definert av «trafikktilstander»
 - En trafikktilstand defineres gjennom å påføre brukerdefinerte trafikkmengder på hver veglenke i modellen. Brukeren definerer hvilken kjøretøyandel på hver lenke som foretar ulike svingebevegelser i den kommende noden.

Trafikketterspørsel definert av sentroider og OD-matriser har tre iboende fordeler:

1. Det er avgjørende at metoden som velges, tar hensyn til at kryssene som sammenlignes kan være utformet med noder som tillater ulike bevegelser. Bruk av «trafikktilstander» kan medføre at kjøretøy i ett kryss foretar svingebevegelser som ikke finnes i krysset det sammenlignes med. Situasjonen kan oppstå i RCUT, hvor muligheten for U-sving ikke foreligger i den konvensjonelle løsningen.
2. I tillegg har OD-matriser den fordel at kjøretøy passerer nettverket med redusert mulighet for å forbli «innelåst» grunnet tilfeldig fordeling av svingeandel i nodene. Dette er igjen tilfelle for RCUT, hvor det er mulig at kjøretøy ender opp med å sirkulere rundt hovedtrafikkøya.
3. OD-matriser kan være mer intuitive, ettersom de bedre representerer hvor kjøretøy kommer fra og hvor de skal. Dersom det finnes alternative ruter, vil OD-matriser sørge for at kjøretøy bruker reiseruten som gir kortest individuell reisetid. Dette er ikke en problematikk i oppgaven, men representerer en generell styrke.

Det benyttes dermed OD-matriser for å definere trafikketterspørselen.

De alternative kryssløsningene som skal modelleres, eksisterer ikke i Norge, og det foreligger ikke konkrete trafikkdata. Det defineres derfor fiktive matriser.

Formålet med OD-matrisene er å skape uønskede trafikksituasjoner som det er tenkelig at den alternative kryssløsningen vil håndtere på en bedre måte enn den tradisjonelle. Det anses som fornuftig å belaste kryssene med ulike trafikkmengder for å betrakte utviklingskvaliteten som funksjon av trafikkbetlastning. I denne oppgaven blir derfor OD-matriser anrettet for tre belastningsnivåer; lav, middels og høy. Disse belastningsnivåene varierer for de ulike alternative kryssene, ettersom det er ønskelig å gjenskape lignende trafikkforhold i vegkryss med ulike totalkapasiteter.

For noen av kryssene er det også aktuelt å definere et «ekstremtilfelle» for å utprøve potensialet til det foreslåtte krysset. Ekstremtilfellene medfører at kapasiteten overskrides i tradisjonell løsning.

Alle OD-matrisene er anlagt på bakgrunn av manuell besiktigelse av trafikkforholdene i hvert alternativt vegkryss. Utvelgelsen av OD-matrisene beror dermed på en iterativ prosess for å oppnå tiltenkte trafikkforhold på de tilfartene som anses mest interessante. OD-matrisene inneholder alltid 5 % tungtrafikkandel (truck), med resterende andel personbiler. Følgende kriterier defineres for de ulike belastningsgradene som OD-matrisene skal tilfredsstillere:

- OD (Lav): Trafikken avvikles tilnærmet uhindret på lenken(e) med lavest prioritet.
- OD (Middels): Periodevis kø på lenken(e) med lavest prioritet. Køen avvikles raskt.
- OD (høy): Periodevis omfattende kødannelse på sideveg. Trafikken overskrider riktignok ikke kryssets kapasitet, og kjøretøyene avvikles etter noe venting.
- OD(ekstrem): Høy venstresvingende kjøretøyandel fra sidevegen. Omfattende kødannelse og tilnærmet tilbakeblokkering.

Verdiene i OD-matrisene framkommer gjennom en iterativ prosess avhengig av krysset som betraktes:

1. Først settes en «tilfeldig», symmetrisk trafikkmengde inn i OD-matrisen.
2. Det opprettes et «dynamisk scenario». Funksjonalitet for «Subpath»-analyse og miljømodellen «Pollutant Emissions (Panis et al., 2006)» aktiveres.
3. Et «eksperiment» opprettes, og defineres gjennom parameterne «mikroskopisk simulering» og «stokastiske rutevalg». Sampling-intervall settes til 10 minutter.
4. Det opprettes 30 replikasjoner, samt en gjennomsnittsberegning. Replikasjonene kjøres med 15 minutter «oppvarming» og varighet på 60 minutter. Replikasjonene kjøres, og gjennomsnittsverdien «delay time - all» noteres
5. Resultater fra enkeltreplikasjoner inspiseres for å finne en replikasjon hvor «delay time – all» innehar maksimalt 0,5 sekunder absolutt forskjell fra gjennomsnittsverdien.
6. «Gjennomsnittsreplikasjonen» besiktiges. Opptredende forhold vurderes opp mot kriterier i OD-matrisen. Dersom forholdene samsvarer med kriteriene, velges verdiene. Dersom forholdene ikke stemmer, endres trafikkmengdene (symmetrisk), og Prosessen gjentas.

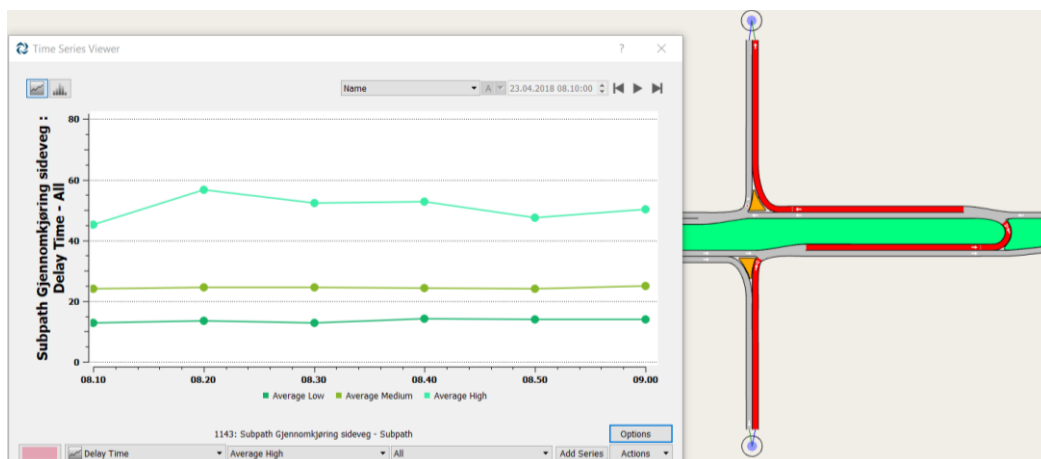
I den iterative prosessen inngår også følgende beslutninger:

- «Oppvarming» sikrer at modellen inneholder konstant trafikk gjennom analyseperioden. Det påføres ikke trafikkmengder av en slik natur at krysset overmettes, slik at 15 minutter anses som tilstrekkelig.
- Programmet er stokastisk. Dette innebærer at inngangsparametere defineres med gjennomsnitt og variasjon. Det produseres ulike resultater i hver replikasjon, slik at er viktig å foreta valg knyttet til hvilket antall «replikjoner» som skal utføres. Det benyttes 30 replikasjoner. Dette tar høyde for variasjon og ekstremverdier, og lar seg gjøre ettersom nettverkene er små.
- «Subpath»-analyse, aktiveres for å muliggjøre uthenting av informasjon om rutevalg.
- «Pollutant Emissions (Panis et al., 2006)» aktiveres for uthenting av utslippsdata. Standardverdier benyttes, og CO₂ og NO_x studeres. Disse gir et godt bilde på utslippene i krysset, ettersom CO₂ representerer et global-, mens NO_x representerer lokal luftforurensning.

Uthenting av resultater

Data eksporteres ved hjelp av «time-series viewer», som tillater analyse av på ulike detaljnivå («section», «subpath» eller «network»). Data foreligger som tabeller med samplingsfrekvens på 10 minutter. For hver OD-matrise samples det derfor data 6 ganger i løpet av simuleringsperioden. Resultatene eksporteres til Excel, hvor gjennomsnittsverdien for hver 10-minutters sampling for de 30 replikasjonene beregnes. Dette gjøres for hver OD- matrise, for hvert kryss. Et eksempel på uthenting av data med «time-series viewer» vises i Figur 2.3.17. Utgangsdata i følgende punktliste analyseres. Disse omtales videre i delkapittel 3.5.

- Forsinkelse
 - «Relativt mål». Direkte sammenlignbar på tvers av ulike kryssutforminger.
- Reisetid
 - Absolutt mål. Brukes til betraktning av konsekvensene av endrede bevegelser.
- Kølengde (maksimal og gjennomsnittlig)
 - Absolutt mål. Brukes for å studere tilbakeblokkering av tilfarer.
- Utslipp av CO₂ og NO_x
 - Simuleringsperioden settes til én time. Utslipp oppgis i «totalt antall gram per time» og er dermed et absolutt mål.
 - Kryssene som modelleres opp mot hverandre har tilnærmet like lengder på hovedveg og sideveg, samt tilnærmet lik avstand i «luftlinje» mellom sentroidene. Dette innebærer at forskjeller mellom utslippsverdier i modellene kun skyldes utslipp som kan krediteres selve kryssområdet.



Figur 2.3.17: Uthenting av «subpath»-data i Aimsun

3. Litteraturstudie

Litteraturstudiet er delt inn i fem (5) underkapitler:

1. Alternative kryssløsninger
2. Norske vegnormaler
3. Trafikksikkerhet i vegkryss
4. Miljøutfordringer i vegkryss
5. Trafikkmodellering

3.1 Alternative kryssløsninger

Alternative kryssløsninger har til hensikt å forbedre trafikksikkerhet og avviklingsforhold. Litteraturstudien redegjør for hvilke konsepter som finnes i andre land, og erfaringen med disse. Dette gir innblikk i forhold som norske vegmyndigheter kan ha nytte av. En oversikt over relevant litteratur fra *United States Department of Transportation* er vist i Tabell 3.1.1. Tabellen poengterer deres relevans i rapporten.

Tabell 3.1.1: Oppsummering av rapporter om alternative kryssløsninger

Tittel og utgivelsesår	Forfatter	Innhold og kommentarer
Alternative Intersections / Interchanges: Informational Report	Hughes et al. (2010)	<ul style="list-style-type: none">• Den mest sentrale rapporten i litteratursøket• Inneholder informasjon for utredning av mange typer alternative vegkryss
Restricted Crossing U-turn (RCUT) Informational Guide	Hummer et al. (2014)	<ul style="list-style-type: none">• Inneholder informasjon om utredning av RCUT-kryss
Diverging Diamond Interchange (DDI) Informational Guide	Schroeder et al. (2014)	<ul style="list-style-type: none">• Inneholder informasjon for utredning av DDI-kryss

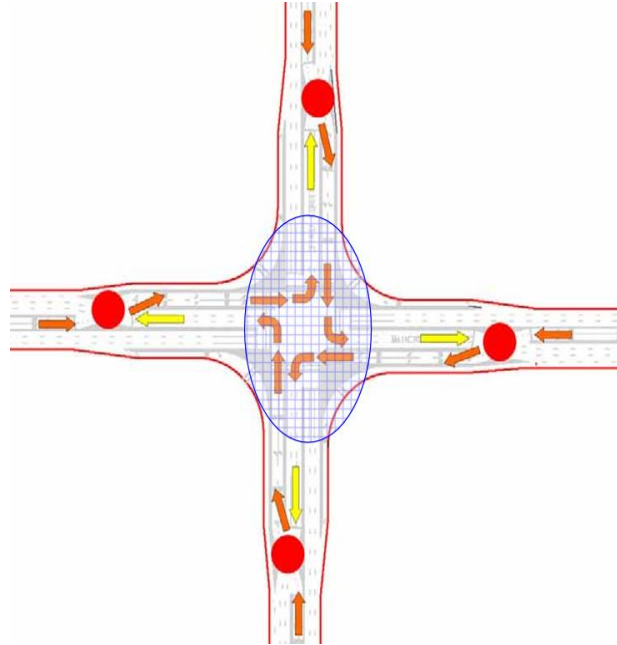
Her omtales de viktigste kryssløsningene gjengitt i Hughes et al. (2010). Slik oppnås en totaloversikt over alternative kryssløsninger. Øvrige rapporter trekkes inn i hovedteksten der disse bidrar med hensiktsmessig informasjon.

Alternative kryssløsninger i Hughes et al. (2010)

Rapporten omhandler alternative vegkryss fra et amerikansk ståsted, hvor omfanget av personbiltransporten er betydelig større enn i Norge. Derfor vil heller ikke alle krysstypene i rapporten være aktuelle med tanke på norske forhold. I USA er alternative vegkryss tiltenkt som mellomliggende løsning mellom signalregulerte kryss i plan og planskilte løsninger (Hummer et al., 2014, s.17). I Norge kan det være aktuelt å betrakte alternative vegkryss som erstatning for både ulike plankryss og planskilte krysstyper.

Displaced left-turn (DLT) intersection

DLT-krysset er illustrert i Figur 3.1.1. Kryssets egenskaper og virkemåte forklares i Tabell 3.1.2.



Figur 3.1.1: Displaced left-turn intersection (DLT)

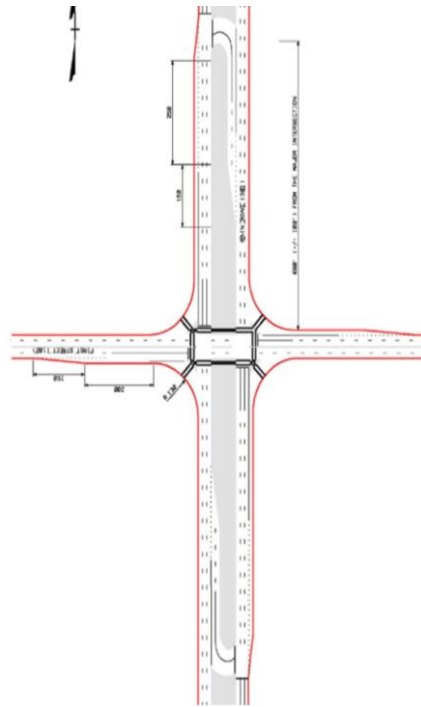
(Hughes et al., 2010, s. 9)

Tabell 3.1.2: Egenskaper og virkemåte for DLT-krysset

Egenskaper	Virkemåte
<ul style="list-style-type: none">• Forenklet venstresving. Brytes opp i flere etapper• Venstresvingen trenger kun å ta høyde for én trafikkstrøm av gangen.• Kan også bygges som planskilt løsning.	<ul style="list-style-type: none">• Røde sirkler i figuren indikerer områder hvor venstresvingende kjøretøy krysser motgående kjøretøyretning for deretter å utføre venstresvingen i selve krysset.• I USA signalreguleres både disse røde krysningspunktene og selve hovedkrysset, markert i blått.• I hovedkrysset har venstresvingende kjøretøy vikeplikt for høyresvingende kjøretøy fra motsatt retning (samme fase)• Det er mulig å anrette krysset slik at tilbaketrukken venstresving tillates på én, to, tre eller alle vegarmene Figuren viser et DLT-kryss med tilbaketrukken venstresving på alle tilfarter).

Median U-turn (MUT)

MUT er illustrert i Figur 3.1.2. Kryssets egenskaper og virkemåte forklares i Tabell 3.1.3.



Figur 3.1.2: Median U-turn (MUT)

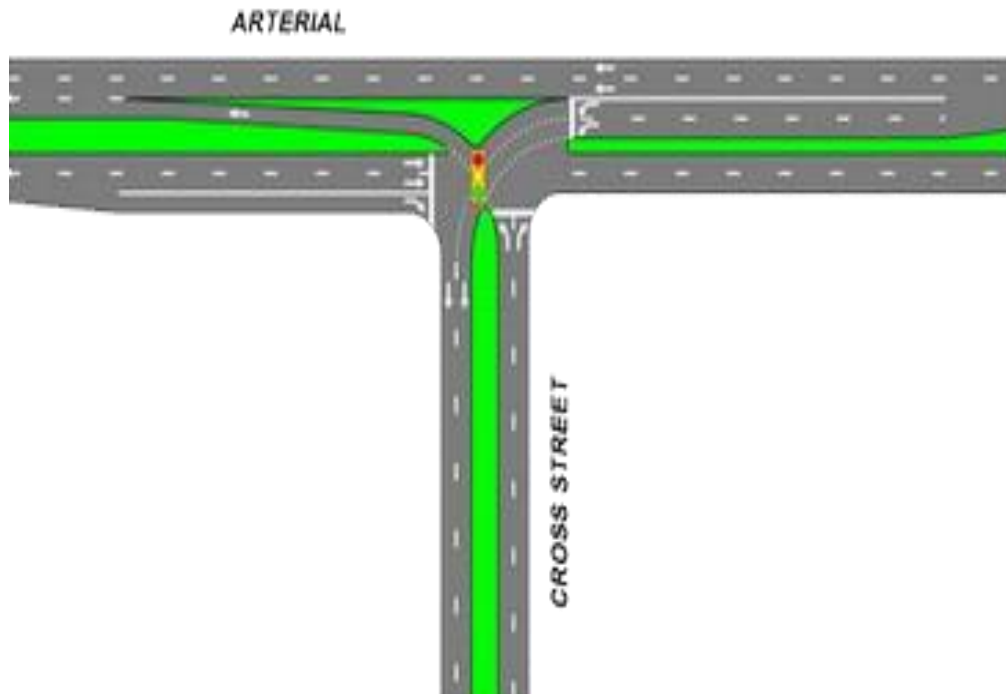
(Hughes et al., 2010, s. 76)

Tabell 3.1.3: Egenskaper og virkemåte for MUT-krysset

Egenskaper	Virkemåte
<ul style="list-style-type: none">• Forenklet venstresving. Brytes opp i flere etapper• Krysset kan operere med kun to signalfaser. Dette gir økt kapasitet.	<ul style="list-style-type: none">• Venstresving forbyes i hovedkrysset.• «Rett fram»- forblir som i vanlige kryss.• Venstresving fra hovedveg (nord-sør i figuren) foretas ved gjennomkjøring av hovedkrysset, U-sving i separat U-svingefelt, og tilbakekjøring til krysset i motsatt retning, hvor høyresving utføres.• Venstresving fra sideveg foretas ved høyresving i hovedkrysset, U-sving og gjennomkjøring av hovedkrysset for å fortsette i ønsket retning.• Tunge kjøretøy kan få problemer med å utføre svingen. Det kan være nødvendig å utvide tilgjengelig areal for U-sving

Continuous Green Intersection

Continuous green intersection er vist i Figur 3.1.3. Kryssets egenskaper og virkemåte forklares i Tabell 3.1.4.



Figur 3.1.3: Continuous green intersection
(Hughes et al., 2010, s.212)

Tabell 3.1.4: Egenskaper og virkemåte for CGI Interchange-krysset

Egenskaper	Virkemåte
<ul style="list-style-type: none">• Fungerer som et signalregulert alternativ til tradisjonelt T-kryss.• Det benyttes trefaset signalregulering.• Bruksområde er koblingspunkt mellom en sideveg og en hovedveg hvor det ønskes å opprettholde kontinuerlig flyt i én retning (hovedretningen).	<ul style="list-style-type: none">• Den ene kjøreretningen på hovedvegen avgrenses fysisk fra krysset slik at kjøretøyene ikke påvirkes av kryssets tilstedeværelse.• Venstresvingende trafikk kanaliseres inn på hovedvegen, og flettes sammen med gjennomkjøringstrafikken i etterkant av krysområdet. Det er også en mulighet at venstresvingende trafikk fortsetter i eget kjørefelt.

Jughandle intersection

Krysset er vist i Figur 3.1.4. Egenskaper og virkemåte gjennomgås i Tabell 3.1.5.



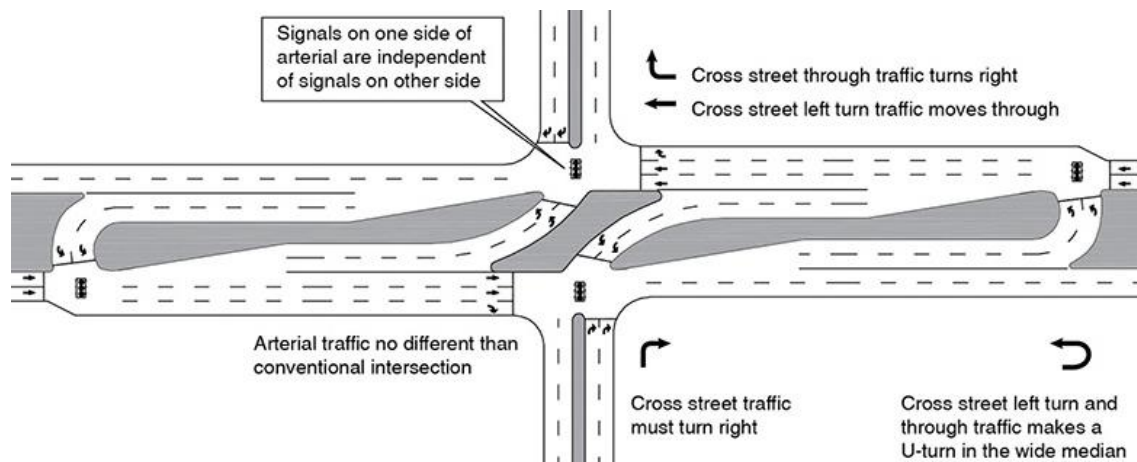
Figur 3.1.4: Jughandle intersection (FHW, 2017)

Tabell 3.1.5: Egenskaper og virkemåte for Jughandle intersection

Egenskaper	Virkemåte
<ul style="list-style-type: none">• Direkte venstresving forbyes i hovedkrysset for alle tilfarer• Direkte høyresving forbyes i hovedkrysset for sidevegtrafikk.• Hovedkrysset signalreguleres med to faser, som bidrar til bedre utnyttelse av omløpstiden	<ul style="list-style-type: none">• Høyresvingende sidevegtrafikk utfører høyresving i T-krysset i forkant av hovedkrysset, og flettes sammen med hovedvegtrafikk• Venstresvingende sidevegtrafikk kjører rett fram gjennom krysset, utfører venstresving i T-krysset på motsatt side av hovedvegen, og flettes sammen med hovedvegtrafikken• Venstresvingende kjøretøy på hovedveg kjører rett fram gjennom krysset, utfører høyresving inn på avkjøringsrampen, høyresving inn på sidevegen og kjører gjennom krysset.

Restricted crossing U-turn (RCUT)

RCUT er illustrert i Figur 3.1.5. Egenskaper og virkemåte gjennomgås i Tabell 3.1.6.



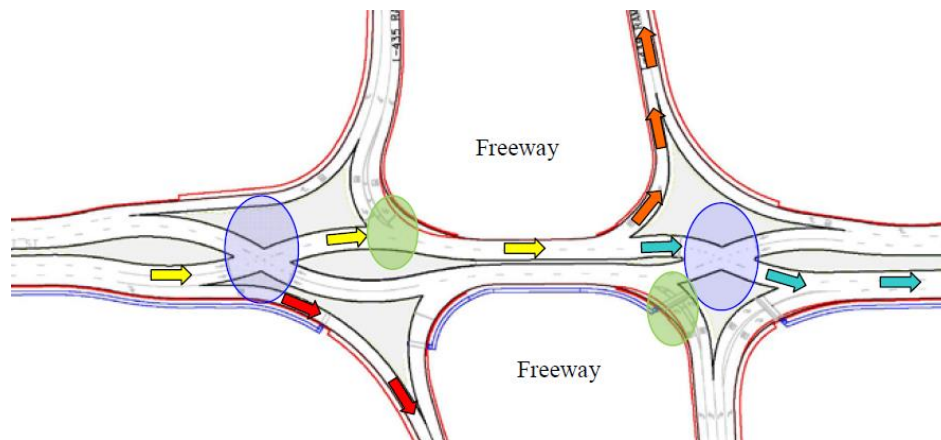
Figur 3.1.5: Signalregulert RCUT-kryss (Hummer et al., 2014, s. 5)

Tabell 3.1.6: Egenskaper for RCUT-kryss

Egenskaper	Virkemåte
<ul style="list-style-type: none">• Omtales også i litteraturen som «<i>superstreet</i>»• Bruksområde er krysning mellom trafikkert hovedveg og sideveg hvor relativt lite trafikk skal rett frem eller til venstre (lav sidevegandel)• Gjennomkjøring av hovedkrysset forbys for sidevegtrafikk• Venstresving tillates i hovedkrysset for hovedvegtrafikk• Krysset fungerer som to uavhengige kryss• Tillater høy hastighet og høy prioritet for hovedvegtrafikk	<ul style="list-style-type: none">• Sidevegtrafikk som vil rett fram eller til venstre pålegges høyresving på hovedveg med påfølgende U-sving.• Kan anrettes med eller uten signalregulering, avhengig av trafikkmengde og stedlige forhold

Diverging diamond interchange (DDI)

DDI er illustrert i Figur 3.1.6. Egenskaper og virkemåte gjennomgås i Tabell 3.1.7.



Figur 3.1.6: DDI-kryss (Hughes et al., 2010, s. 218)

Tabell 3.1.7: Egenskaper og virkemåte for DDI-kryss

Egenskaper	Virkemåte
<ul style="list-style-type: none">• Omtales også i litteraturen som «<i>Double crossover diamond interchange</i>» (DCD)• Alternativ til tradisjonelle toplanskryss• Kjøremonsteret forenkler avviklingen av både venstresvingende trafikk på sideveg og avkjørende trafikk fra motorvegen• Bruksområde er krysning mellom motorveg med høy grad av avsvingende kjøretøy og sideveg med høy kryssende trafikkmengde• Kryssets geometri roer ned trafikken ved å redusere hastighetene.	<ul style="list-style-type: none">• Kryssende trafikk på sideveg føres på motsatt side av vegen over broen• Det etableres to krysningpunkter, herved omtalt som «hovedkryss». Hovedkryssene kan operere med signalregulering eller vikeplikt• Venstresvingende sidevegtrafikk kjører gjennom første hovedkryss, og utfører venstresving mot hovedvegen. Her flettes kjøretøyene sammen med motgående trafikk som skal samme veg• Sidevegtrafikk som skal «rett fram» langs sidevegen kjører gjennom begge hovedkryss• Høyresvingende sidevegtrafikk ledes utenom hovedkrysset ved bruk av egen rampe for høyresving• Påkobling av ramper fra motorveg kan skje ved fletting, vikeplikt eller signalregulering

3.2 Norske vegnormaler

Flere av Statens vegvesens håndbøker, også kjent som vegnormaler og veiledere, danner grunnlaget for utredningen. Retningslinjer knyttet til ulike aspekter er stadfestet i håndbøkene, samt i tilhørende oppdateringer omtalt som «rundskriv». Utredningens mål er å utforme nye vegkryss som vil tilfredsstillende flest mulig av disse kravene uten behov for endringer i regelverket. De mest relevante håndbøkene knyttet til vegkryss er vist i Tabell 3.2.1. Deretter belyses enkelte elementer i håndbøkene som anses som viktige for utredningen.

Tabell 3.2.1: Oppsummering mest relevante håndbøker for utredning av vegkryss

Tittel	Håndbøkenes funksjon	Relevans for oppgaven
V120 Premisser for geometrisk utforming av veger	<ul style="list-style-type: none"> Etablerer forutsetningene for kravene i håndbok V121 og N100 	<ul style="list-style-type: none"> Brukes i oppgaven til beregning av siktlinjer i enkelte kryss
V121 Geometrisk utforming av veg- og gatekryss	<ul style="list-style-type: none"> Etablerer viktigste krav og retningslinjer for utforming av kryssløsninger 	<ul style="list-style-type: none"> Forslag til kryssgeometri etableres Benyttes for å etablere dimensjoner for diverse geometriske elementer
N100 Veg- og gate-utforming	<ul style="list-style-type: none"> Krav for dimensjonering av nye veger Gir utformingskrav basert på dimensjoneringsklasser Framsetter enkelte krav til blant annet kryssutforming, holdeplasser for kollektivtrafikk, belysning etc. 	<ul style="list-style-type: none"> Geometriutredning baseres på et begrunnet valg av dim. klasser. Brukes for å etablere kjørefeltbredder, dim. kjøretøy og kjøremåter Temakapittelet om kryssutforming presenterer krav til krysstype, avstander og utforming
N300 Trafikkskilt (del 1-5)	<ul style="list-style-type: none"> Legger tekniske føringer for bruk og utforming av trafikkskilt Delt i 5 deler. Hver del 	<ul style="list-style-type: none"> Skiltplaner etableres for nye kryss Flere av kryssene som utredes har geometri som er krevende å formidle med dagens skilt.

	omhandler en gruppe eller type trafikkskilt.	<ul style="list-style-type: none"> • Må vurdere om det bør brukes særskilte løsninger.
N302 Veg-oppmerking	<ul style="list-style-type: none"> • Omhandler retningslinjene for vegoppmerking 	<ul style="list-style-type: none"> • Utredningen medfører at oppmerking må vurderes • Det kreves gjennomgang av kravene for å etablere oppmerkingsplaner.
N101 Rekkverk og vegens sideområder	<ul style="list-style-type: none"> • Bestemmer krav til bruk og oppsett av midtdeler, rekkverk og sikring av sideområder. 	<ul style="list-style-type: none"> • Enkelte nye kryssløsninger har behov for rekkverk og støtputer
V721 Risiko-vurdering i vegtrafikken	<ul style="list-style-type: none"> • Presenterer Statens vegvesens modell for risikovurdering av planlagte og eksisterende veganlegg 	<ul style="list-style-type: none"> • En forenklet framgangsmåte basert på V721 benyttes for vurdering av trafiksikkerhetsrisiko for kryssene som utredes
R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger	<ul style="list-style-type: none"> • Gir krav for drift og vedlikehold, som sikring av skredvern, krav til slitelag, bruer og ferjekaier, med mer. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kapittel 9 inneholder krav til vinterdrift og brøyting, og er retningsgivende for utredning av brøyteplaner
V322 Trafikk-signalanlegg Planlegging, drift og vedlikehold	<ul style="list-style-type: none"> • Omfatter planlegging, drift og vedlikehold av trafikksignalanlegg 	<ul style="list-style-type: none"> • Enkelte av kryssene i utredningen vurderes regulert med trafikklys • Legger føring for planlegging av faseplaner og bestemmelse av omløpstider
N303 «Trafikk-signalanlegg	<ul style="list-style-type: none"> • Inneholder tekniske bestemmelser for anvendelse og utforming av lyskryss 	<ul style="list-style-type: none"> • Utdyper krav i V322 for signalregulering av vegkryss

Fravikelige og ufravikelige krav i vegnormalene

Mange av håndbøkene inneholder forskrifter som forklarer forskjellen mellom «krav» og «anbefalinger», samt hvilken instans som gis myndighet eller fullmakt til å fravike disse. Det foreligger dermed rom for skjønn i enkeltsituasjoner. Særlig for alternative kryssløsninger kan slike skjønnsvurderinger muliggjøre en løsning uten at normalen må endres.

Avvik fra bestemmelsene frarådes, ettersom dette kan medføre «oppstykkede trafikk-løsninger». Det bør noteres at i nært sagt alle håndbøkene, er både begrepene «skal» og «bør» krav som skal etterfølges. Dette er illustrert i Figur 3.2.1. I N300 Trafikkskilt og N303 Trafikksignalanlegg, er kun «skal» ensbetydende med et krav, mens «bør» er å betrakte som anbefaling. Det foreligger dermed noe større fleksibilitet ved skilting og signalregulering enn ved for eksempel oppmerking og geometrisk utforming.

Verb	Betydning	Myndighet til å fravike krav
Skal	Krav	Kravene fravikes av Vegdirektoratet. Søknad om fravik skal begrunnes.
Bør	Krav	Kravene fravikes av Regionvegkontoret. Søknad om fravik skal begrunnes, og Vegdirektoratet skal ha melding med mulighet til å gå mot dispensasjonen innen 3 uker (6 uker i perioden 1. juni til 31. august).
Kan	Anbefaling	Fravikes etter faglig vurdering uten krav til godkjenningrutiner.

Figur 3.2.1: Betydningen av «skal», «bør» og «kan» i vegnormalene (N100, s. 10)

V120 - Premisser for geometrisk utforming av veger

V120 redegjør for parametere som brukes i vegbygging, og stiller krav til beregning av f. eks. øyehøyde, friksjonskoeffisienter, fartsgrense, klotoideparametere, etc. Parametere fra V120 underbygger tabeller og figurer i V121 og N100, og utgjør dermed et oppslagsverk i tilfelle utformingen av alternative vegkryss krever vurderinger som bygger på bakenforliggende prinsipper.

V121 - Geometrisk utforming av veg- og gatekryss

Håndbok V121 inneholder informasjon som er helt sentral for utredningen. Håndboken inndeler vegkryss i to hovedkategorier: *Kryss i plan* (T-kryss, X-kryss og rundkjøringer) og *planskilte kryss*. Planskilte kryss benyttes på større motorveger, men kan også benyttes på andre veger dersom behovet tilsier dette. Bruken av T-kryss, X-kryss og rundkjøringer varierer ut fra stedlige forhold, samt trafikkmengdene på aktuelle lenker. På generelt grunnlag er det ikke anbefalt å bruke X-kryss utenfor tettbygd strøk, da disse kan oppfattes som uoversiktlige og har flere konfliktpunkter enn T-kryss. De fremste premissene for kryssutforming er, opplistet etter viktighetsgrad, «trafiksikkerhet» og «trafikkavvikling».

N100 - Veg- og gateutforming

N100 benyttes først og fremst for bestemmelse av dimensjoneringsklasser som samsvarer med tenkte bruksområder for de utredede vegkryssene. Temakapittel E «*Kryssutforming*» er også viktig. Her presenteres krav til kryssutforming, krysstype, kryssavstand og geometrisk utforming. N100 kun gjelder bygging av nye veganlegg. Selv om det eksisterer utbedringsstandarder for rehabilitering og ombygging, finnes det ikke noe lignende regelverk for mindre utbedringer eller forbedringer, slik en isolert ombygging av et vegkryss vil være.

«Rundskriv» til N100

Etter utgivelsen av «gjeldende» versjon av N100 i juni 2014, har Samferdselsdepartement gjennom to «rundskriv» vedtatt lovgivning som endrer deler av innholdet i N100. For oppgavens tema gjelder kravene for bruk av rundkjøringer på hovedveg, samt innføring av modulvogntog som dimensjonerende kjøretøy for flere dimensjoneringsklasser. Disse gir dermed nye føringer for utforming av vegkryss og nødvendiggjør endringer i V121. Rundskrivene er listet opp under, og diskuteres separat med hensyn til bakgrunn, innhold og konsekvens for kryssløsninger:

1. NA-rundskriv 2015/15 Nye føringer for hovedveger - Etablering av rundkjøringer, omkjøringsveger og miljøgater
2. NA-rundskriv 2015/14 Krav til utforming for modulvogntog i N100

NA-rundskriv 2015/15

Rundskrivet er en innsnevring av hvilke krysstyper som er tillatt, og fjerner muligheten for bygging av rundkjøringer for dimensjoneringsklassene H2, H3, H4 og H5 på nye veganlegg. For veger av type H1 og H6 konstanterer rundskrivet at rundkjøringer «*kun skal etableres der vegen går gjennom byer og tettsteder og fartsgrense er 60 km/t eller lavere*». Muligheten for bygging av rundkjøringer fjernes dermed for store deler av vegnettet.

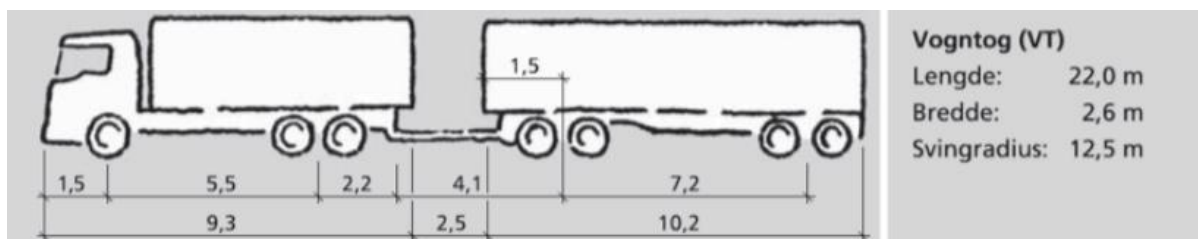
Rundskrivet inneholder ikke bakgrunn for bestemmelsene, men samtaler med fagkyndige på NTNU og i Statens vegvesen, forklarer at disse skyldes at rundkjøringer på hovedvegnettet hindrer hovedvegtrafikken. Rundskrivet framsetter dermed tydeligere krav til at hovedvegnettet skal sikres prioritet. Innholdet i rundskrivet er tett knyttet sammen med NA-rundskriv 2015/14 *Krav til utforming for modulvogntog i N100*, som omtales videre i det følgende.

NA-rundskriv 2015/14

Rundskrivet framsetter endrede krav til «dimensjonerende kjøretøy» og «kjøremåte» i N100. Endringene som innføres har innflytelse og konsekvens vedrørende krav til kryssløsninger i håndbok V121. I det følgende forklares først de «originale» kravene til dimensjonerende kjøretøy i N100, før de «nye» kravene i rundskrivet diskuteres.

Valg av dimensjonerende kjøretøy gjøres ved planlegging og utbygging av vegnettet, og legger føringer for geometriske elementer. Eksempler på slike er horisontalkurvatur, breddeutvidelse, samt krav til «overkjørbare arealer». Delkapittel F.1.2 i N100 framsetter dimensjonerende mål for motorkjøretøy som legges til grunn for utformingen av veger og gater. Her finnes mål for henholdsvis personbiler, lastebiler, busser og vogntog. Parametere som benyttes i dimensjoneringen er kjøretøyenes lengde, bredde og svingradius.

Vegklassene i N100 har ulike krav til hvilke kjøretøygrupper som er «dimensjonerende» for utformingen. Kravene har bakgrunn i hvilke kjøretøy som skal sikres framkommelighet. Bestemmelsen gjøres etter veg- og gatenettets funksjon og trafikkmengde. Eksempelvis vil større hovedveger betjene et betraktelig høyere antall vogntog enn mindre samleveger, og disse kjøretøyene må sikres framkommelighet. For de aktuelle dimensjoneringsklassene i oppgaven, var vogntog dimensjonerende kjøretøy før rundskrivet ble utarbeidet. Det aktuelle vogntoget er illustrert i Figur 3.2.2.



Figur 3.2.2: Originalkrav for dimensjonerende kjøretøy i N100 (N100, s. 154)

I tillegg til krav vedrørende dimensjonerende kjøretøy, stiller håndboken krav til «kvaliteten på framkommelighet» gjennom fastsettelse av hvilke(n) «kjøremåte» som kreves. N100 grupperer «kjøremåte» i tre kategorier, avhengig av kjøretøyets plassbehov i vegbanen. Hver dimensjoneringsklasse har dermed krav til dimensjonerende kjøretøy og kjøremåte. Kjøremåtene illustreres og forklares i Tabell 3.2.2.

Tabell 3.2.2: Oversikt over kjøremåter (modifisert fra N100 s. 155 - 156)

Beskrivelse	Illustrasjon
<p><u>Kjøremåte A:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Kjøretøyet skal kun trafikere eget kjørefelt På strekninger skal kjøretøyet kunne bevege seg med hastighet lik fartsgrensen. 	
<p><u>Kjøremåte B:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> I kryss har kjøretøyet behov for å bruke deler av motgående kjørefelt for å utføre svingebevegelser På enkelte strekninger forutsettes det at kjøretøyhastigheten ligger lavere enn fartsgrensen. 	
<p><u>Kjøremåte C:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Kjøretøyet forutsettes å kunne ta i bruk store deler av vegbanen for å utføre svingebevegelser. 	

I 2014 utarbeidet Samferdselsdepartementet et rundskriv til N100 som introduserer EMS (*European Modular System*)-modulvogntog på norske veger. Vogntoget har total lengde på 25.25 meter, og innebærer at tillatt lengde økes med 3.25 meter sammenlignet med det originale vogntoget i N100.

Rundskrivet erstatter krav til dimensjonerende kjøretøy i N100. I praksis medfører rundskrivet at modulvogntog (forkortet «MVT») påkreves som dimensjonerende kjøretøy for alle nye veger av type H1 - H9, samt enkelte H₀-veger. For å sikre framkommelighet for MVT er det framsatt nye krav til kryssløsninger. Flere av kravene er av interesse for dette arbeidet, og noen av dem gjengis i følgende punktliste.

- Nye H1-veger og vegkryss: Framkommelighet for MVT sikres etter kjøremåte A. Unntak: Veger med bredde 6.5 meter. Her kan kjøremåte B kan brukes.
- Nye veger og vegkryss, klasse H2-H9: MVT oppføres som dim. kjøretøy og sikres framkommelighet etter kjøremåte A.
- T- og X-kryss: Framkommelighet sikres for sporing av vogntog (VT), med kurveradius, $R > 12$ m. For veger der MVT settes som dimensjonerende kjøretøy (se kulepunkt over), skal ytterligere behov for areal og radius utformes som overkjørbart areal.
- Overkjørbart areal: Utføres med ikke-avvisende kantstein.
- Sirkulasjonsareal og overkjørbart areal i rundkjøringer: Sirkulasjonsarealets bredde utformes etter VT på veger der MVT er dimensjonerende kjøretøy. Ytterligere areal- og sporingsbehov for MVT sikres med overkjørbart areal. Overkjørbart areal skal ha bredde ≥ 2 m. For enkelte rundkjøringer på veger med MVT som dim. kjøretøy, medfører dette at hele sentraløya må gjøres overkjørbar.
- Breddeutvidelse i kurver: Nye krav er angitt i tabell i rundskrivet.

Beslutning om å tillate modulvogntog på norske veger er med på å forsterke behovet for at hovedveger skal holdes fri for hindringer. Et hovedvegnett som prioriterer gjennomgangstrafikk fører til effektiv transport og skaper merverdi for samfunnet. Rundskrivene forsterker også behovet for å vurdere kryssutforming for å ta hensyn til større kjøretøy på en bedre måte.

N300 Trafikkskilt

Håndboken legger føringer for bruk og utforming av trafikkskilt. Riktig bruk av trafikkskilt overfører nødvendig informasjon til trafikanter og øker orienterbarheten, trafikksikkerheten og avviklingen. Dette er viktig i vegkryss, der kjøretøybevegelser i enkelte tilfeller kan være lite intuitive, eller til og med i strid med de bevegelser som kan oppfattes som «riktige».

Håndboken følger en oppbygning på fem deler. Hver del tar for seg en overordnet gruppe eller type trafikkskilt. Innholdet i disse fem delene, samt deres relevans for vegkryss, er gjengitt i Tabell 3.2.3.

Tabell 3.2.3: Deler i håndbok N300 og deres relevans for alternative kryssløsninger

Del	Tittel	Funksjon	Relevans for oppgaven
1	<i>Fellesbestemmelser</i>	<ul style="list-style-type: none">• Generelle regler for bruk av skilt• Plasserings- og utformingsprinsipper	Relevant
2	<i>Fareskilt, markeringsskilt, vikeplikt- og forkjørsskilt</i>	<ul style="list-style-type: none">• Retningslinjer for konkrete skilt	Relevant
3	<i>Forbudsskilt, påbudsskilt, opplysningsskilt og skilt med trafikksikkerhetsinformasjon</i>	<ul style="list-style-type: none">• Retningslinjer for konkrete skilt	Relevant
4	<i>4A Vegvisning; Planlegging og anvendelse</i>	<ul style="list-style-type: none">• Generelle retningslinjer og konkrete føringer	Relevant
	<i>4B Vegvisning; Detaljert utforming</i>	<ul style="list-style-type: none">• Teknisk utforming av skilt (lengder, bredder og andre avstander i / på skilt)	Ikke relevant (for detaljert)
5	<i>Serviceskilt og virksomhetsvisning</i>	<ul style="list-style-type: none">• Retningslinjer for konkrete skilt	Ikke relevant (utenfor oppgavens omfang)

N300 del 1 framsetter krav som skilting i vegkryss skal tilfredsstillende. Disse er listet opp og forklart i Tabell 3.2.4. Særlig ved utredning av nye kryss blir de overordnede prinsippene gjeldende, ettersom særkrav kan bli vanskelige å tilfredsstillende.

Tabell 3.2.4: Generelle prinsipper for skilting (modifisert fra N300, s. 36 - 37)

Prinsipp	Forklaring	Konsekvens for oppgaven
<i>Så få skilt som mulig, men så mange som nødvendig</i>	Skilt brukes kun ved behov. Dette beholder trafikantenes fokus og øker tiltro til skiltingen.	Nye kryssløsninger krever god skilting for å hindre misforståelser.
<i>Bare normerte skilt, skiltsymboler og skiltutforminger</i>	Kun standardiserte skilt. Slik fremmes forståelse og respekt for skiltingen.	Nye typer kryss kan kreve nye skilt eller «uvante» skiltkombinasjoner.
<i>Fysiske endringer fremfor skilting</i>	Trafikkskilt kan ikke veie opp dårlige eller kompliserte løsninger.	Nye kryss bør forenkles mest mulig.
<i>Få og enkle reguleringer</i>	Enkel trafikkregulering gir enkle skilt.	Nye kryss bør reguleres så likt vanlige kryss som mulig.
<i>Enkle, korte, klare og entydige skiltbudskap</i>	Mulighetene for misforståelse av skilt skal elimineres. Symboler benyttes til fordel for tekst. Disse må være åpenbare eller innlærte.	Presise, nye skilttyper må utvikles for å beskrive kjøremønsteret.
<i>Hensyn til det visuelle miljø</i>	Færrest mulig skilt. Skiltene tilpasses omgivelsene.	Viktig at skilt ikke hindrer trafikantenes sikt.

N302 Vegoppmerking

Håndbok N302 inneholder retningslinjer for vegoppmerking. Formålet med vegoppmerking er å informere, varsle og styre trafikantene i vegsystemet. Det foreligger internasjonale avtaler for å fremme bruk av mest mulig ensartet oppmerking på tvers av landegrensene.

Vegoppmerking inndeles i to hovedgrupper:

1. Langsgående oppmerking
2. Annen oppmerking

Langsgående oppmerking

Langsgående oppmerking benyttes hovedsakelig for å dele kjørebanelen inn i kjørefelt og for å angi deres ytterkant. Det brukes ulike typer langsgående oppmerking, og de viktigste linjetyperne er presentert i Tabell 3.2.5.

Tabell 3.2.5: Dimensjoner for langsgående linjer (mål i meter) (N302, s. 22)

LINJETYPE	GRUNNFORM	FARTSGRENSE ≤ 50 KM/T			FARTSGRENSE 60, 70, 80 KM/T			FARTSGRENSE ≥ 90 KM/T		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
1000 Kjørefeltlinje		1	3	0,10	3	9	0,10 0,15 ¹	3	9	0,15
1002 Varsellinje		3 0,75 ²	1 0,25 ²	0,10	9	3	0,10 0,15 ¹	9	3	0,15
1004 Sperrelinje				0,10			0,10 0,15 ¹			0,15
1006.1 Kjørefeltlinje/Varsellinje				0,10			0,10 0,15 ¹			0,15
1006.2 Kjørefeltlinje/Sperrelinje				0,10			0,10 0,15 ¹			0,15
1006.3 Varsellinje/Sperrelinje				0,10			0,10 0,15 ¹			0,15
1006.4 Dobbel Sperrelinje				0,10			0,10 0,15 ¹			0,15
1006.5 Dobbel Varsellinje		3	1	0,10	9	3	0,10 0,15 ¹	-	-	-
1008 Skillelinje		2 1 ³	2 1 ³	0,20	2 1 ³	2 1 ³	0,20	2	2	0,20 0,30 ⁴
1010 Ledelinje		1	1	0,10	1	1	0,15 ⁵ 0,30 ⁵	1	1	0,15 ⁵
1012.1 Heltrukken kantlinje				0,10			0,10 0,15 ¹			0,15 0,30 ⁶
1012.2 Stiplet kantlinje		3 2 ⁷	3 2 ⁷	0,10 0,10 ⁷	3 2 ⁷	3 2 ⁷	0,10 Var ¹	2 ⁷	2 ⁷	- 0,15 ⁷
Tegnforklaring: A = Linjelengde B = Linjeåpning C = Linjebredde/Linjeavstand		¹ På tofeltsveger med kjørefeltbredde ≥ 3,25m og bredde av fast dekke ≥ 7,5m, og på flerfeltsveger ² For sykkelveg og gang-/sykkelveg ³ For sykkelfelt ⁴ Akselerasjons- og retardasjonsfelt ⁵ Samme bredde som den linje den ligger i forlengelse av ⁶ På motorveg. Venstre kantlinje skal da være gul ⁷ Mål når heltrukken kantlinje stiples forbi forkjørsregulert kryss, større avkjørsel, busslomme mm.								

Sperreområder anses som langsgående oppmerking. Gul oppmerking i sperreområdet indikerer at det foreligger trafikk i begge (motgående) retninger, mens hvit oppmerking benyttes på sperreområder der trafikken går i samme retning.

Annen oppmerking

Annen oppmerking brukes som supplement for å bedre trafikantforståelse. Her finnes tre underkategorier, gjengitt i følgende punktliste:

- Tverrgående oppmerking: *Eksempel*: Vikelinje i forkant av krysset
- Symboler: *Eksempel*: Retningspiler i vegbanen
- Tekst: *Eksempel*: Vegnummer

Oppmerking i vegkryss

Vegoppmerking er særlig viktig i kryss da den understreker hvordan trafikantene skal ferdes. Oppmerkingen skal sikre mest korrekt trafikantoppførsel, samt forhindre uønskede manøvre. N302 setter krav til oppmerking basert på krysstype og reguleringsform. Disse behandles direkte i utredningene i hovedteksten, ettersom det kreves særskilt diskusjon.

N101 Rekkverk og vegens sideområder

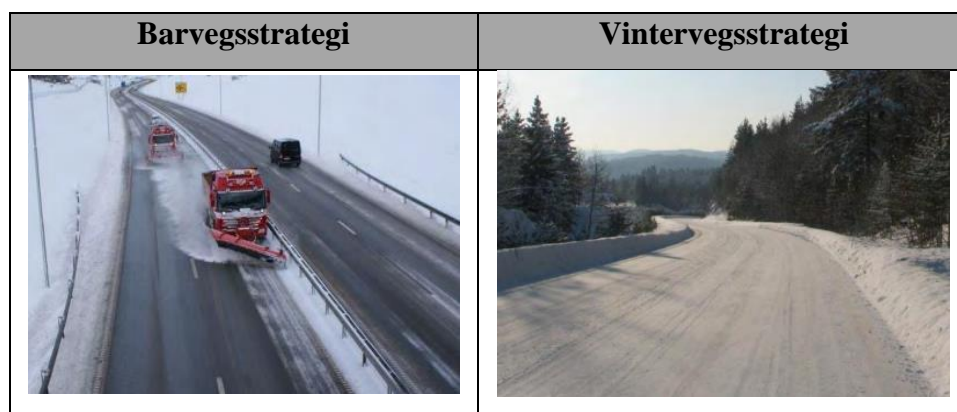
Håndbok N101 behandler bruk av midtdeler, rekkverk og sikring av sideområder. Faremomenter langs vegen kan utgjøre en trafikkfare. Sikring kan gjøres ved å fjerne farlige elementer, samt erstatte disse med ettergivende konstruksjoner som rekkverk og «støtputer». Noen av de kryssløsningene som utredes i rapporten behøver rekkverk og støtputer. Installasjon av slike elementer må vektas opp mot det faktum de utgjør faremomenter i seg selv. Formålet med sikringstiltakene er å begrense alvorlighetsgraden av en ulykke slik at det veier opp for potensielle personskader og materielle skader.

V721 Risikovurdering i vegtrafikken

Håndbok V721 beskriver framgangsmåter for risikovurdering i ulike tilfeller, men utredning av alternative kryssløsninger inngår ikke spesifikt i noen av disse. Risiko beskrives som produktet av sannsynlighet for at en uønsket hendelse inntreffer og konsekvensen av denne. Dermed betraktes heller den generelle femtrinnsmodellen for risikovurdering. Denne gjennomgås i kapittel 2.3.

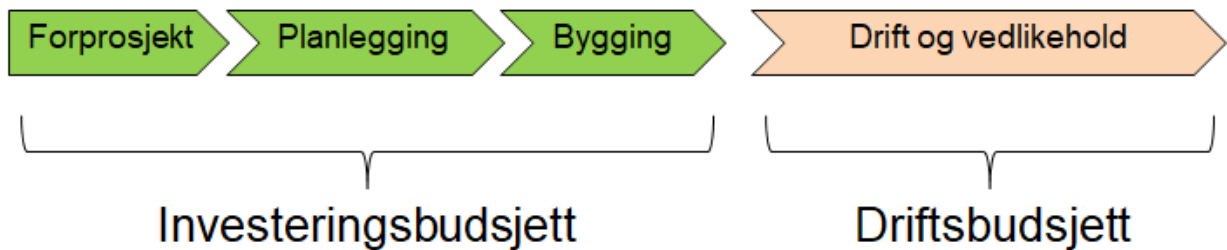
R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger

Brøyting tildeles vanligvis meget lite prioritet ved utredning av vegkryss. Utredningen er dermed en god mulighet for å inkludere hensyn til brøytemannskap i tidligfase. R610 introduserer begrepet «vinterdriftsklasser», som benyttes ved utredning av brøyteplaner. Klassene rangeres fra A til E, der A stiller strengest krav til brøyting. Relevante termer her er «barvegsstrategi» og «vintervegstrategi», illustrert i Figur 3.2.3. Førstnevnte innebærer strengere brøytekrav, og det kreves at vegbanen er fri for snø (bar) kort tid etter snøfall. Vintervegstrategi godtar at føreforhold er hard snø eller is.



Figur 3.2.3: Illustrasjon av vinterdriftsklasser (SVV, rapport 229)

Ofte vektet investeringskostnad høyt ved bygging av nye veger, og mindre hensyn tas til kostnadene i den påløpende driftsfasen. Dette kan skyldes manglende kommunikasjon mellom driftspersonell, vegplanleggere og myndighetene. En mulig årsak er at planlegging og bygging av nye anlegg dekkes av et investeringsbudsjett, mens drift og vedlikehold dekkes av et separat driftsbudsjett, illustrert i Figur 3.2.4. Vinterdrift utgjør en stor utgiftspost i sistnevnte, og det kan tenkes at nye kryssløsninger kan medføre økte vinterdriftskostnader.



Figur 3.2.4: Sammenheng mellom investerings- og driftsbudsjett

Detaljerte brøytekrav framkom gjennom samtale med professor Alex Klein-Paste ved NTNU. Følgende momenter er sentrale ved etablering av gode brøyteplaner og brøytbare kryss:

- Kjørefelt skal brøytes fra kantlinje til kantlinje.
- «Overbrøyting» betyr at snø fra pløgen kastes over i motgående kjørefelt. Det er viktig at kryss har tilstrekkelig arealer for snølagring slik at ikke overbrøyting oppstår.
- De fleste brøytebiler er toakslede anleggsbiler. Det kan benyttes spring for å kontrollere om detaljområder i kryssene kan benyttes.
- Desto færre plogbyttinger, jo enklere er krysset å brøyte.
- Brøyting kontraheres ut til kommersielle aktører. Disse står fritt til å etablere egne brøyteplaner etter kravene spesifisert i R610 og tilhørende tilbudsgrunnlag.
- Brøyting foregår i «roder», som typisk er ca. 30 km lange.
- For vegkryss er det viktig at det ikke anlegges brøytekanter («ranker») i siktlinjene.
- Brøyting av flerfeltsveger foregår med brøytebiler som kjører i «tandem».

Håndbok V322 Trafikksignalanlegg: Planlegging, drift og vedlikehold

Enkelte av kryssløsningene som utredes i oppgaven tenkes signalregulert. V322 omhandler overordnede forhold for lyskryss. Det kan for eksempel være aktuelt å bruke forenklede metoder for beregning av omløpstid og grønttid.

Håndbok N303 «Trafikksignalanlegg

Håndboken virker sammen med N303 og styrer forhold knyttet til signalregulering av lyskryss. N303 inneholder særlig informasjon om kriterier for signalregulering av kryss, utforming av selve signalene, og plassering i av signalmastene i krysset.

3.3 Trafikksikkerhet i vegkryss

Norge anses per i dag som et av verdens mest trafikksikre land, med rekordlave 109 trafikkdrepte i 2017 (SSB, 2018). I 1970 nådde Norge ulykkestoppen med rundt 560 drepte (Engstrøm, 2016). Transportøkonomisk Institutt beregnet gjennom «Den norske verdsettingsstudien» i 2010 at den realøkonomiske kostnaden av trafikkulykker for samfunnet er 30,2 millioner NOK per dødsfall og 10,6 millioner NOK per hardt skadde (Veisten et al., 2010). Tilsvarende statistikk er utarbeidet av Statens vegvesen på bakgrunn av ulykker i spesifikke krysstyper, vist i Tabell 3.3.1. Sett bort fra trafikkulykker i planoverganger (krysningspunkt mellom jernbane og veg), er gjennomsnittskostnadene størst ved avkjørsler og T-kryss. Kostnadene er lavest i rundkjøringer, sannsynligvis grunnet lavere fart og alvorlighetsgrad.

Tabell 3.3.1: Samfunnets gjennomsnittlige kostnader for ulike kryssulykker (V121, s. 8)

Krysstype	Gjennomsnittkostnad pr. personskadeulykke (i mill 2009 kroner)
Planovergang	5,1
Alle personskadeulykker	2,8
Avkjørsel	2,1
3-armet vegkryss (T-kryss, Y-kryss)	2,0
Annet kryss	1,9
Alle kryssulykker	1,9
4-armet vegkryss (X-kryss)	1,8
Rundkjøring	1,3

Nullvisjonen

Ved utarbeidelsen av Nasjonal transportplan 2002 – 2011, vedtok Stortinget et mål om et transportsystem som ikke fører til tap av liv eller varig skade (Statens Vegvesen, 2010). Siden den gang har trafikksikkerhetsarbeidet vært basert på denne såkalte «Nullvisjonen». Visjonen bygger på tre grunnpilarer, gjengitt i punktlisten under (Elvebakk & Steiro, 2007):

- Etikk: Hvert menneske er unikt og uerstattelig
- Vitenskap: Trafikksikkerhetspolitikken skal være basert på dokumentert forskning
- Ansvar: Ansvar for trafikksikkerheten deles mellom trafikantene og vegmyndigheten

I kombinasjon med nyvinninger fra bilindustrien har trafikksikkerhetsarbeidet gitt gode resultater. Blant annet har innføringen av nullvisjonen medført helhetlig og fokus på utredning av trafikksikkerhet i vegprosjektene tidligfase. I praksis medfører nullvisjonen at veganlegg skal utformes slik at sannsynligheten for ulykker grunnet menneskelig svikt minimeres.

Vedrørende trafikantoppførsel er det fokusert på holdningskampanjer og opplæring, ettersom offentlighetens holdninger er vel så sentralt som fysiske anlegg.

Sammenheng mellom vegkryssenes geometri og risikoprofil

I Norge er mellom 30 og 40 % av alle politirapporterte trafikkulykker registrert i kryss og avkjørsler (V121, s. 8). Dette er områder som håndterer konflikter mellom forskjellige trafikksstrømmer. Vegkryssene utgjør totalt sett en minimal del av vegnettet. Likevel forekommer en uforholdsmessig stor prosentandel av ulykkene her. Disse ulykkene er konsentrert på definerte knutepunkt der det kan være berettiget å iverksette tiltak for å redusere sannsynligheten og skadeomfanget. Candappa et. al (2015) studerte sammenhengen mellom geometrisk utforming og trafikksikkerheten i vegkryss. Det framkommer at trafikksikre vegkryss bør tilfredsstillende følgende prinsipper for utforming:

1. Begrense *kjøretøyhastigheten* i krysset til 50 km/t
2. Redusere antall *konfliktpunkter*
3. Unngå *kollisjonsvinkler* som er 90°
4. Fremme *aktivt* samarbeid mellom trafikantene i krysset

I tillegg til disse 4 punktene, oppfordres det å *separere* myke trafikanter mest mulig fra motoriserte kjøretøy. Punktet er meget viktig i vegkryss med fotgjengere og syklistene. Candappa et. al (2015) argumenterer videre for at dagens tradisjonelle kryssløsninger ikke tilfredsstillende ovennevnte krav.

Statistikk om ulykkesfrekvensen og kostnad for kollisjoner i ulike krysstyper er vist i Tabell 3.3.2. Statistikken er nyttig i den forstand at den viser hvordan de ovennevnte punktene innvirker på trafikksikkerheten. Rundkjøringer har lavest risiko (antall ulykker per kjøretøy) og ulykkeskostnad av alle krysstypene i plan, mens X-kryss har meget høy risiko og ulykkeskostnad. Rundkjøringer er krysstyper som medfører lav hastighet, slake kollisjonsvinkler og fremmer samarbeid, i tråd med kravene. Denne kunnskapen er også inkludert i vegnormalene, hvor det stadfestes at ombygging av et ulykkesbelastet T- eller X-kryss til rundkjøring kan redusere både antall ulykker og deres alvorlighetsgrad. Ombygging av X-kryss til to forskjellige T-kryss er også en mulighet (V121, s. 9)

Tabell 3.3.2: Risikonivået i ulike typer vegkryss (Høye et al., 2012, s. 27).

Krysstype	Sideveg- andel	Farts- grense	Ulykkeskostnad (mill kr per million kjøretøy)	Personskadeulykker per mill kjøretøy (normalverdier)
Vikepliktsregulert T-kryss	0,2	50	0,053	0,032
	0,2	80	0,226	0,060
	0,4	50	0,066	0,039
	0,4	80	0,277	0,073
Vikepliktsregulert X-kryss	0,2	50	0,128	0,081
	0,2	80	0,356	0,151
	0,4	50	0,157	0,099
	0,4	80	0,437	0,186
Høyregulert T-kryss	0,1	50	0,126	0,070
	0,3	50	0,235	0,130
Høyregulert X-kryss	0,1	50	0,161	0,100
	0,3	50	0,290	0,180
Signalregulert T-kryss	0,2	50	0,100	0,050
Signalregulert X-kryss	0,2	50	0,168	0,100
Rundkjøring, T-kryss	0,2	50	0,047	0,030
Rundkjøring X-kryss	0,2	50	0,079	0,050

I det følgende diskuteres de tre første prinsippene for utforming av trafikksikre vegkryss (kjøretøyhastighet, kollisjonsvinkler og konfliktpunkter) noe mer inngående. Disse prinsippene er mest omtalt i litteraturen og deres virkemåter bedre kvantifisert.

Konfliktpunkter i vegkryss

Konfliktpunkter er punkter hvor trafikkstrømmer divergerer, konvergerer eller krysser hverandre. Sikkerheten i vegkryss kan til en viss grad korreleres med antall konfliktpunkter, men sikkerheten avhenger noe mer av konfliktpunktene natur. Dette gjennomgås i Tabell 3.3.3. Opptelling av konfliktpunkter i tradisjonelle kryssløsninger er inkludert i Tabell 3.3.4

Fjerning av konfliktpunkter veier ikke opp for linjeføring med dårligere optisk ledning eller fjerning av andre sikkerhetstiltak. Utredningen av nye kryssløsninger vil derfor fokusere på å minimere konfliktpunktene med mest alvorlig natur.

Tabell 3.3.3: Karakteristikk for de ulike typene konfliktpunkter

Type	Beskrivelse	Eksempel på bevegelse	Kollisjonstype
<i>Kryssende</i>	Krysningspunktet mellom «motstridende» trafikkstrømmer	Venstresving fra en sideveg inn på hovedvegen. Krysser gjennomgangstrafikken	Vinkelrett sidepåkjørsel
<i>Konvergerende</i>	Oppstår der to eller flere trafikkstrømmer føres inn i et felles kjørefelt (fletting)	Et påkjøringsfelt flettes sammen med gjennomgående trafikk	Parallell sidepåkjørsel
<i>Divergerende</i>	Oppstår der et kjørefelt muliggjør to eller flere bevegelser	Avsving til venstre eller høyre i et X-kryss	Påkjøring bakfra

Tabell 3.3.4: Antall og type konfliktpunkter fordelt på vanlige krysstyper i Norge

Krysstype	Type konfliktpunkt			Totalt antall konfliktpunkter
	Kryssende	Konvergerende	Divergerende	
X-kryss	16	8	8	32
T-kryss	3	3	3	9
Rundkjøring	0	4	4	8

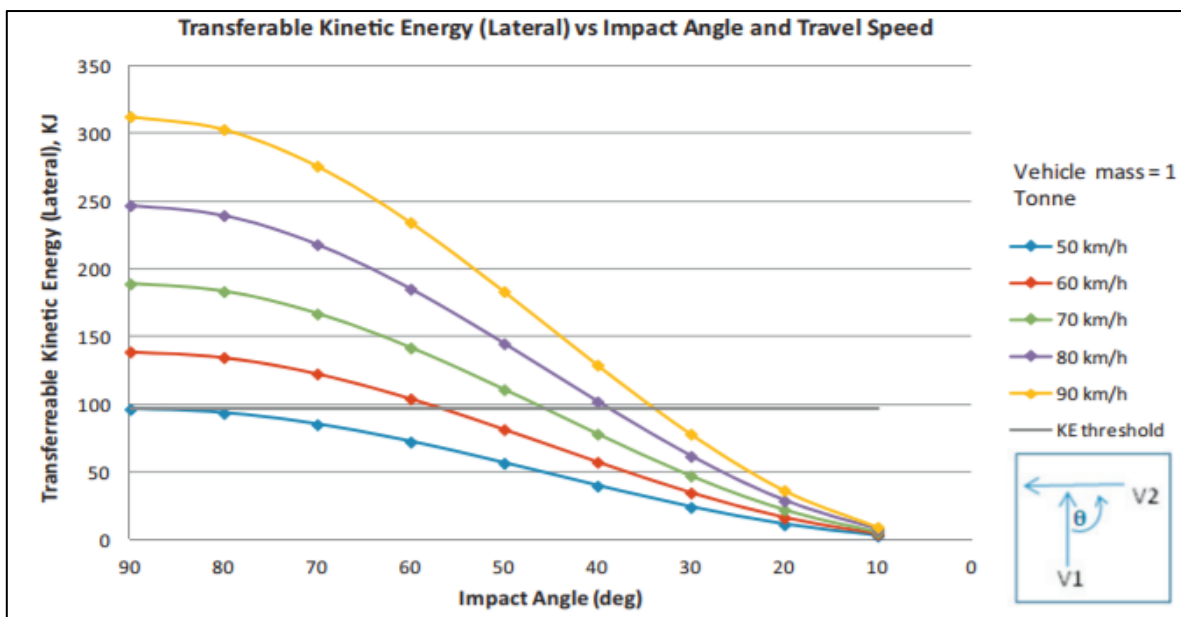
Kjøretøyhastighet og kollisjonsvinkel

Høy fart vil i mange tilfeller medføre økt sannsynlighet for at en ulykke inntreffer. I tillegg innvirker fart på ulykkens alvorlighetsgrad. Hvilke trafikantgrupper som er involvert i ulykken er også av betydning for utfallet. Myke trafikanter tåler langt mindre kinetisk energi enn en bilfører eller passasjer (Høye et al., 2012, s.31-33).

Størrelsen på kollisjonsvinkelen mellom de ulike trafikkstrømmene er også et aspekt som innvirker på trafikksikkerheten i et vegkryss. Skadepotensialet i en eventuell kollisjon avhenger av mengden bevegelsesenergi som de involverte trafikantene påføres. Bevegelsesenergien generert som følge av et sammenstøt har direkte sammenheng med vinkelen kjøretøyene treffer hverandre med. Sammenstøt med en slak vinkel vil i de fleste tilfeller

medføre en ulykke med lavere alvorlighetsgrad, mens en kollisjon der vinkelen mellom kolliderende kjøretøy er nærmere vinkelrett ofte er mer alvorlig. En slik kollisjon gir ikke mulighet for dissipering og absorpsjon av kollisjonsenergien gjennom folding av motor og karosseri. Dette er en av grunnene til at rundkjøringer blir ansett som relativt sikre. Rundkjøringer har få konfliktpunkter, slake kollisjonsvinkler og lav hastighet (Candappa et al., 2015).

Sammenhengen mellom kollisjonsvinkel, fartsnivå og bevegelsesenergi illustreres i Figur 3.3.1. For en veg med fartsgrense 50 km/t vil en ombygging fra X-kryss til rundkjøring, med kollisjonsvinkler på henholdsvis 80 og 30 grader, redusere bevegelsesenergien fra rundt 100 til 30 kilojoule. «KE threshold» indikerer øvre grenseverdi for menneskelig påkjenning. Ombyggingen kan dermed utgjøre forskjellen mellom dødsulykke og ulykke med lavere skadegrad.



Figur 3.3.1: Bevegelsesenergi i ulike kombinasjoner av kollisjonsvinkel og hastighet (Candappa et al., 2015).

3.4 Miljøutfordringer i vegkryss

Det er interessant å studere miljøkonsekvensene av alternative vegkryss. I tillegg til utslipp av klimagasser, bidrar veitrafikk til lokal luftforurensning i form av svevestøv. Svevestøv innebefatter utslipp av uforbrente hydrokarboner (HC) fra konvensjonelle forbrenningsmotorer, veistøv fra dekk- og asfaltslitasje, samt nitrogenoksider (NO_x). Høye konsentrasjoner av nitrogenoksider og svevestøv kan gi helseskader. Selv om vegkryss bare utgjør en liten del av vegnettet i forhold til strekninger ellers, er kryss sentrale i forhold til avvikling og luftforurensning. Det kan likevel virke som om forbedring av kryssløsninger er nedprioritert når det kommer til utslippsreduksjon.

Flere faktorer påvirker luftkvaliteten i kryss. Disse kan oppsummeres som trafikkforhold, vegforhold og kjøretøyforhold. Kjøretøyforhold er en ekstern parameter i vurderingen av vegkryss og omtales ikke videre. Trafikkforhold og vegforhold, derimot, er gjensidig avhengige og relateres gjennom vegkryssenes geometriske utforming og reguleringsform. Luftkvaliteten har en tendens til å forverres i områder med tomgangskjøring og hyppig start- og stopptrafikk. Dette er forhold som særlig oppstår i kryss med dårlig avvikling, og utslippene her vil forsterkes ytterligere grunnet påfølgende akselerasjon ut av krysset. Noen faktorer som inngår i estimering av utslipp fra vegkryss er vist i Tabell 3.4.1. En oversikt over vitenskapelige artikler som estimeres utslipp i vegkryss, vises i Tabell 3.4.2.

Tabell 3.4.1: Innvirkning av ulike forhold på utslipp i vegkryss (Pandian et al., 2009, s. 192)

Overordnet faktor	Parameter	Parameterens påvirkning på utslipp i vegkryss
<i>Trafikk</i>	ÅDT	Større ÅDT enn kryssets kapasitet gir overbelastning. Dette påvirker kjøremønsteret og øker utslippene.
	Hastighet	Lav hastighet oppstår i overbelastede kryss, og gir økte utslipp
	Kølengde	Større kølengde gir mer tomgangskjøring og økte utslipp
	Kjørestil	Aggressiv kjørestil med hurtig akselerasjon er mindre energieffektivt enn forsiktig kjøring, og gir økte utslipp
	Trafikktetthet	Stor trafikktetthet er korrelert til lav hastighet og økte utslipp
<i>Veg</i>	Krysstype	Ulike krysstyper fører til mindre tomgangskjøring og kan redusere utslipp

Tabell 3.4.2: Oversikt over relevant litteratur for utslipp knyttet til vegkryss

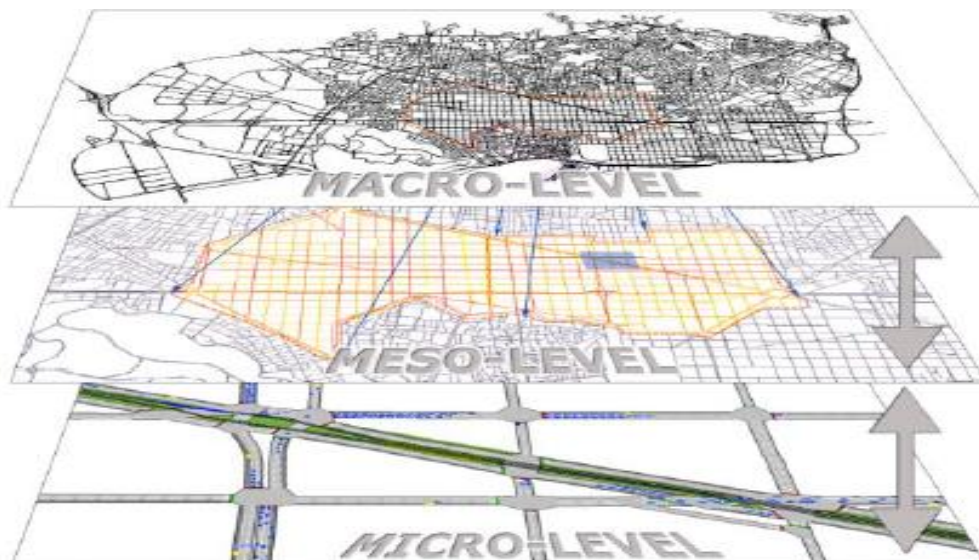
Tittel og forfatter(e)	Hovedfunn
<p><i>Estimation of Carbon Footprint of Fuel Loss Due to Idling of vehicles at signalized intersection in Delhi</i> Bhandari et al., 2013</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Beregning av daglig CO₂-utslipp ved tomgangskjøring i 600 av signalregulerte kryss i Delhi. • Kjøretøy på tomgang i lyskryss medførte utslipp av 16.2 millioner kg CO₂ daglig. • Estimert for 2004 indikerte at tomgangskjøring ved alle byens lyskryss utgjorde 9 % av totalt utslipp fra byens transportsektor.
<p><i>Impacts of traffic-flows on vehicular-exhaust emissions at traffic junctions</i> Gokhale, 2012</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sammenligner forurensning i rundkjøring, lyskryss og strekning. • Luftforurensning i kryss er større enn på en strekning med samme kjøretøytetthet og forhold ellers. Sammenlignet med strekning er utslipp av CO 4 -7 ganger høyere ved det lyskrysset, NO₂-utslipp er 2-3 ganger høyere, og utslipp av PM er 1-2 ganger høyere. • Sammenlignet med strekning er utslippene i rundkjøring 2-3 x større for CO, 3 x mer for NO₂ og 1-2 x for PM. • Utslipp av CO er lavere for rundkjøringen mens de andre parameterne er ca. identiske. Det konkluderes med at rundkjøringen håndterer mer trafikk enn lyskrysset for like utslipp
<p><i>The effects of small roundabouts on emissions and fuel consumption: a case study</i> Várhelyi, 2002</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Utslipp og drivstofforbruk fra biler ble målt før og etter ombygging (til rundkjøring) av 21 kryss i Växjö i Sverige. Av disse 21 var ett lyskryss, mens de resterende var vikepliktskryss. • Ombyggingen av det signalregulerte krysset til rundkjøring resulterte i lavere og mer jevn fart, samt reduksjon i forsinkelse. Andelen biler som måtte stoppe ble redusert betraktelig. Det samme gjaldt for utslipp av CO, NO_x og drivstofforbruk. • For den «gjennomsnittlige ombyggingen» fra vikepliktskryss til rundkjøring, økte det daglige utslippet av henholdsvis CO og NO_x med ca. 5 %, mens daglig drivstofforbruk økte med 3 %. Ombyggingene førte til at tidligere hovedveger med forkjøringsrett fikk lavere prioritet. Gjennomsnittsforsinkelsen økte for biler på hovedvegene, mens den ble redusert for biler på sidevegene.

3.5 Trafikkmodellering

Modellering forenkler analysen av trafikforhold, uten store inngrep og investeringskostnader. Disse muliggjør betraktninger av ulike alternativer for flere trafikkmengder. Det kan være vanskelig å beslutte hvilke kryssløsninger som gir best avvikling i hver situasjon, og modelleringsverktøy kan brukes i utvelgelsen. Slike verktøy tillater planleggere og ingeniører å utføre eksperimenter under kontrollerte forhold. Trafikkmodellering kan brukes for å analysere fremtidige og eksisterende trafikksituasjoner. Den kan i prinsippet utføres på tre ulike nivå, beskrevet i Tabell 3.5.1 og illustrert i Figur 3.5.1.

Tabell 3.5.1: Forklaring av modellnivåer i trafikkmodellering (Aakre, 2017a).

Modellnivå	Forklaring
Mikroskopisk	<ul style="list-style-type: none">• Hvert enkelt kjøretøy tildeles spesifiserte egenskaper
Mesoskopisk	<ul style="list-style-type: none">• Bruker elementer fra både mikroskopisk og makroskopiske modeller• Individuelle kjøretøy simuleres med aggregerte egenskaper
Makroskopisk	<ul style="list-style-type: none">• Analyserer aggregerte trafikkstrømmer med gjennomsnittlige egenskaper



Figur 3.5.1: Ulike nivåer for trafikkmodellering (Aakre, 2017b)

Det finnes ulike programvarer som kan simulere på flere nivåer samtidig. Riktignok er simuleringsmodeller enten deterministiske eller stokastiske. Forskjellen mellom disse, samt eksempler, er forklart i Tabell 3.5.2. Metodekapittelet redegjør for den valgte programvaren i utredningen. På bakgrunn av valget, studeres simuleringsprogrammet Aimsun 8.2.

Tabell 3.5.2: Forklaring, virkemåte og eksempler på ulike trafikksimuleringsverktøy

Type	Virkemåte	Eksempel på program
Deterministisk	<ul style="list-style-type: none"> • Produserer samme resultat hver gang, såfremt inngangsdataene forblir uendret 	SIDRA INTERSECTION
Stokastisk	<ul style="list-style-type: none"> • Inneholder inngangsdata som varieres tilfeldig i henhold til spesifikasjoner i programvaren • Gir noe forskjellige resultater hver gang • Replikasjoner må itereres, og resultatene brukt for å etablere gjennomsnittsverdier 	Aimsun 8.2

Aimsun 8.2

Aimsun 8.2 benyttes mye både i Norge og i utlandet av ingeniører og transportplanleggere. Programmets brukermanual er benyttet som bakgrunnsmateriale for litteraturstudiet (TSS, 2017). Verktøyet kan benyttes på alle nivåene i Figur 3.5.1, og gir brukeren frihet til å endre parametere som påvirker geometri, kjøreatferd og reguleringsform. I motsetning til andre program, hvor brukeren kun kan gjøre små endringer på ellers ferdigmodellerte kryss, tillater Aimsun bygging av modeller fra bunnen av. Modeller bygges med de geometriske elementene «node» og «lenke». «Sentroide» er et etterspørselselement, og benyttes for å påføre trafikk i modellen. Disse er forklart i Tabell 3.5.3 og illustrert i Figur 3.5.2.

Tabell 3.5.3: Forklaring og funksjonalitet for «noder», «lenker» og «sentroider»

Element	Forklaring	Innebygde valgmuligheter
Lenker	Veger mellom kryss	<ul style="list-style-type: none"> • Vegtype • Fartsgrense • Tillatte kjøretøytyper • Lenkens kapasitet • Antall kjørefelt • Vegbredde • Stigning
Noder	Sammenkobling mellom veger	<ul style="list-style-type: none"> • Kjøretøybevegelser • Svingehastighet • Reguleringsform • “Yellow box” • Faseplan • Prioritetshierarki
Sentroider	Punkter hvor trafikk mates inn og ut	<ul style="list-style-type: none"> • Bestemme hvilke sentroider som «skaper» trafikk og hvilke som lenker som tiltrekker trafikk

Lenker

Geometrien i kryssmodellene defineres gjennom lenker og noder. De mest sentrale parameterne i oppgavens henseende er vegtype, fartsgrense, vegbredde og stigning. Brukeren kan velge mellom forhåndsdefinerte vegtyper for hver lenke. Valget påvirker parametere som fartsgrense, kapasitet og vegbredde. Disse kan riktignok endres av brukeren, uavhengig av valgt vegtype. Her kan også kjørefeltbredde, skulderbredde og stigning defineres. Videre kan parameteren «maximum speed» brukes for å angi fartsgrensen.

Noder

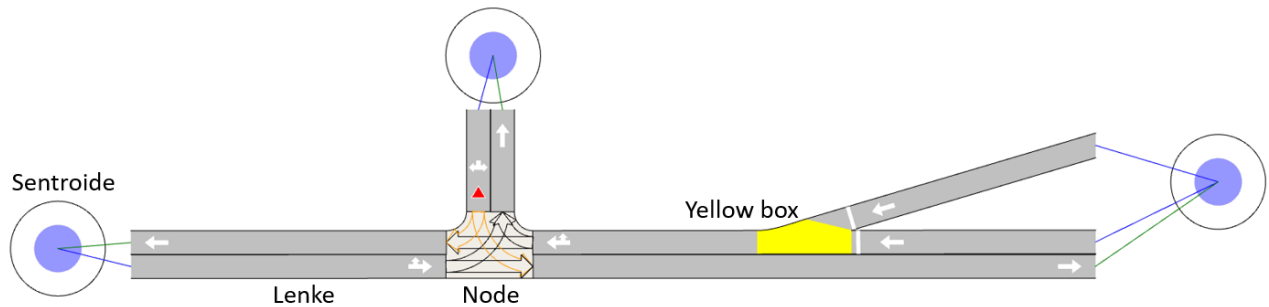
I nodene kan det gjøres valg for å beskrive ulike sammenkoblingssituasjoner mellom lenker. De mest sentrale parameterne i oppgavens henseende er bestemmelse av mulige kjøretøybevegelser, definisjon av prioritetshierarki, «yellow box» og faseplaner.

Nodene tillater endring av mulige kjøretøybevegelser for en tilfart som helhet, eller for spesifikke kjørefelt. På bakgrunn av definisjonen av svingebevegelser, hender det at et prioritetshierarki må tilpasses den aktuelle reguleringsformen. Vikeplikt styres etter vanlige trafikkregler for tilfarer som møter en forkjørsvog. Dersom to kryssende bevegelser har vikeplikt for en tredje trafikkstrøm, må et prioritetshierarki defineres slik at modellen fordeler prioritet trinnvis. Denne problematikken forekommer særlig i situasjoner hvor to venstresvingebevegelser kommer i konflikt med hverandre, spesielt i T-kryss. Prioritetshierarkiet må her omdefineres til å gi venstresvingende hovedvegtrafikk forkjøringsrett foran venstresvingende sidevegtrafikk.

Dersom en node skal fordele prioritet med signalregulering, behøves fastsettelse av en faseplan. I den forbindelse må hver bevegelse kun være inkludert i én fase. Videre må det opprettes det kontrollplan for å definere omløpstiden og grøntidsfordeling. I signalregulerte kryss, benyttes «yellow box» for å understreke at det ikke er tillatt å foreta stans i selve krysningen. Dette simulerer «keep clear»-oppmerking som benyttes i andre land. Et kjøretøy med grønt lys vil passere krysset dersom det er ledig plass nedstrøms. Dersom kjøretøyet følger bak et annet, benyttes en grenseverdi for kjøretøyets hastighet for å bestemme om gjennomkjøring kan skje. Se Figur 3.5.2 for eksempel.

Sentroider

Sentroidenes plassering definerer start- og slutt punkt for reiseruter i kryssmodellen. Tidslukene mellom kjøretøyene i øyeblikket disse entrer modellen, er stokastisk fordelt. Dette innebærer at introduksjonsraten vil fluktuere rundt middelveidien angitt i OD-matrisen.



Figur 3.5.2: Definisjon av geometriske elementer i Aimsun

Modeller for mikrosimulering i Aimsun

Aimsun benytter innebygde beregningsmodeller for å utføre simuleringen. I det følgende framkommer kort virkemåtene til de tre mest sentrale:

1. Vikepliktsmodellen
2. Bilfølgemodellen
3. Feltbyttmodellen

Vikepliktsmodellen

Modellen aktiveres når trafikk med forkjøringsrett blir «synlige» for vikende kjøretøy. Nødvendige tidsluker beregnes, og regnestykket baserer seg på følgende kjøretøyparametre:

- Svingehastighet
- Akselerasjon
- Ønsket hastighet
- Fartstilpasning

For hvert kjøretøy tas en avgjørelse om det skal kjøre eller vente ved krysning av en trafikkstrøm med høyere prioritet. Avgjørelsen er blant annet avhengig av avstanden til nærmeste kjøretøy som må vikes for. Vikepliktsmodellen betrakter avstanden mellom disse

kjøretøyene og beregner et hypotetisk kollisjonspunkt. Samtidig beregnes nødvendig tid for at det vikende kjøretøyet skal traversere området hvor kollisjon kan inntreffe. Trafikantene har stokastisk fordelt risikoaksept, slik at det er varierer mellom kjøretøy hvorvidt «det anses som forsvarlig» å krysse.

Når et vikepliktig kjøretøy venter på luke, modelleres en viss «utålmodighet» i vikesituasjonen. Den vikende trafikantens villighet til å akseptere risiko, øker som funksjon av ventetid. Dette innebærer at sannsynligheten for å velge en kortere luke øker som funksjon av ventetid. Den minste tidsluken som aksepteres, defineres som kritisk tidsluke.

Bilfølgemodellen

Modellen styrer avstanden mellom kjøretøy i nettverket. Avstanden avhenger av enkelte geometriske forhold og «et knippe» kjøretøyparametre. Noen er å finne i punktlisten under:

- Avstand mellom kjøretøy
- Hastighetsforskjell mellom kjøretøyene
- Akselerasjons- og retardasjonsegenskaper til bakenforliggende kjøretøy
- Reaksjonstid og bremselengde til bakenforliggende kjøretøy

Modellen beregner sikker hastighet til det foranliggende kjøretøyet kontinuerlig for alle kjøretøy i modellen. Responsen til det bakenforliggende kjøretøyet modelleres som funksjon av disse parameterne, og avgjør om farten skal økes, beholdes eller reduseres.

Feltbyttmodellen

Aimsun modellerer behovet for feltbytte til hvert enkelt kjøretøy gjennom en stegvis beslutningsprosess, forklart i Tabell 3.5.4.

Tabell 3.5.4: Beslutningsprosess i feltbyttmodellen

Steg	Beslutning	Eksempel
1	Nødvendighet for feltbytte	<ul style="list-style-type: none"> • Valg av kjørefelt i forbindelse med vegkryss
2	Realisering av «tidsgevinst» ved feltbytte	<ul style="list-style-type: none"> • Mer hensiktsmessige kjøreforhold i annet felt • Trafikkforhold nedstrøms
3	Mulighet for feltbytte	<ul style="list-style-type: none"> • Tilstedeværelse av tilstrekkelig luke for feltbytte i nabofeltet

Uthenting av resultater

Aimsun har flere funksjoner for trafikkanalyse. Disse forklares i Tabell 3.5.5.

Tabell 3.5.5: Ulike analysemåter i Aimsun

Benevnelse	Betydning
«Subpath»-analyse	Betrakter trafikkstrømmer som kjører langs en forhåndsdefinert rute. Inkluderer kun kjøretøyene som følger hele ruten
«Section»-analyse	Betrakter kjøretøystrømmer som beveger seg på en valgt lenke, uavhengig av videre rutevalg
«Section lane»-analyse	Som «section»-analyse, for et spesifikt kjørefelt på lenken
«Network»-analyse	Betrakter hele modellen, med alle involverte kjøretøy
«Node»-analyse	Betrakter kjøretøy som har passert en spesifikk node, uavhengig av utført svingebevegelse her
«Turn and link statistics»	Betrakter kjøretøy som har utført en spesifikk svingebevegelse i en spesifikk node

Uavhengig av analysemetode, baseres enkelte parametere på antallet kjøretøy som har passert nettverket i stimuleringsperioden, mens andre betrakter kjøretøyene som fortsatt befinner seg i nettverket når perioden avsluttes.

De mest sentrale analyserapportene for dette arbeidet er «Network»-, «Subpath»- og «Section»-analyse. Brukeren har mulighet til å hente ut et stort antall utgangsdata fra simuleringen. Sentrale utgangsdata er beskrevet i Tabell 3.5.6.

Tabell 3.5.6: Beskrivelse av relevante utgangsdata i Aimsun

Parameter	Beskrivelse
Forsinkelse	Beregnes som differansen mellom forventet reisetid (ved fri flyt) og faktisk reisetid. Fri flyt for et kjøretøy defineres som reisetiden kjøretøyet bruker for å traversere sin rute i OD-matrisen under ideelle forhold.
Reisetid	Den gjennomsnittlige reisetiden et kjøretøy bruker på å kjøre sin rute i OD-matrisen. Reisetiden beregnes som et gjennomsnitt av reisetidene til kjøretøyene som har fullført sin rute i løpet av simuleringsperioden.
IEM-emissions	Modellen beregner kontinuerlige utslipp for hvert kjøretøy som har fullført ruten sin i simuleringsperioden. Her simuleres utslipp av CO ₂ , NO _x , flyktige organiske forbindelser (VOC) og svevestøv (PM). Modellen avhenger av kjøretøytype, drivstofftype og tilstanden som hvert kjøretøy til enhver tid befinner seg i (bremser, akselererer eller konstant hastighet)
Gjennomsnittlig kølengde	Måles over tid som antall kjøretøy i kø per kjørefelt på en (eller flere) definert lenke(r). Gjelder kun for «nettverk» og «section»-analyse.
Maksimal kølengde	Maksimalt antall kjøretøy som står i kø på en definert lenke i løpet av simuleringsperioden. Gjelder kun for «section»-analyse.

Ulike analysemåter benytter ulike enheter for gjengivelse av samme parameter. For eksempel beregnes forsinkelse i «subpath»-analyse i «antall sekund», mens den for nettverksanalyse måles i «antall sekund per kjørte kilometer».

4. Skissefase

Skissefasens formål er å velge ut og skissere «fornorskede» versjoner av kryssløsninger fra litteraturen. Slik vil kryssløsningene samsvare bedre med norske forhold. Flere av kryssene er tenkt som direkte svar på redusert bruk av rundkjøringer til fordel for bruk av T-kryss og planskilte kryss, i henhold til «NA-rundskriv 2015/15».

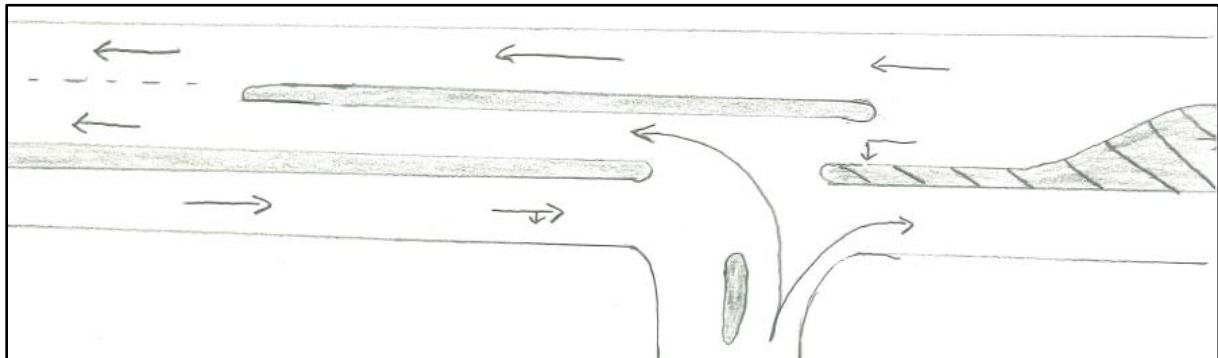
Fordeler og ulemper for de nedskalerte skissene drøftes på overordnet nivå. Drøftingen har som mål å belyse kryssenes egenskaper, med fokus på trafikksikkerhet, avvikling, geometri og eventuelle andre forhold. Potensielle problemstillinger og alternative reguleringsformer kommenteres for hvert alternativ. Kryssene tas videre til detaljert utredning i påfølgende kapitler.

For å etablere et vidt spekter av alternative kryssløsninger, er det valgt ut ulike kryssløsninger for nedskalering og skisséring. Målet med utvelgelsen er å finne erstatninger til henholdsvis T-kryss, rundkjøringer og ruterkyss med rundkjøringer. Etter gjennomgang av litteraturen, anses særlig følgende tre kryssløsninger som interessante. Disse omtales separat i det følgende.

1. Modifisert T-kryss
2. Restricted Crossing U-Turn (RCUT)
3. Diverging Diamond Interchange (DDI)

4.1 Modifisert T-kryss

Modifisert T-kryss er skissert i Figur 4.1.1, og diskutert i Tabell 4.1.1.



Figur 4.1.1: Skisse av Modifisert T-kryss

Virkemåte/hensikt:

Krysset baserer seg på prinsippet bak «Continuous Green Intersection». I den foreslåtte løsningen benyttes vikeplikt i stedet for signalregulering. Krysset skiller seg fra et vanlig kanalisert T-kryss ved at venstresving fra sideveg utføres i eget påkjøringsfelt. Dette medfører at venstresvingen fra sideveg utføres i to omganger:

1. Først må kjøretøy vike for hovedtrafikken fra venstre og avsvingende trafikk fra høyre
2. Kjøretøyene akselererer og føres sammen med gjennomgangstrafikken. Dette kan reguleres enten ved hjelp av fletting eller vikeplikt.

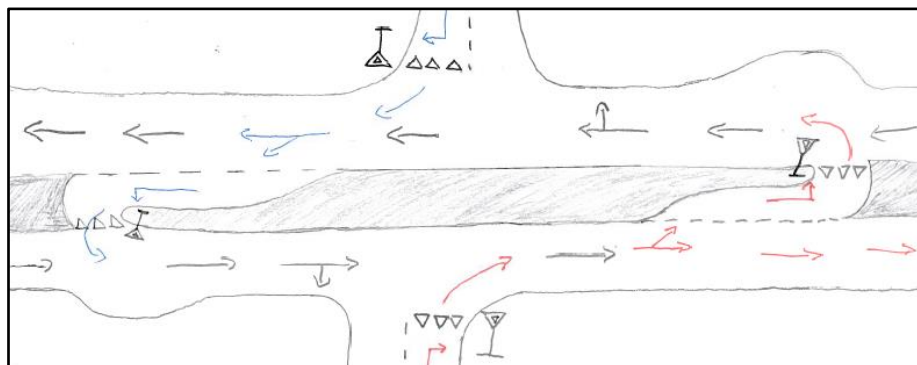
Etter samtaler med eksternt veileder ble det besluttet å utarbeide dette forslaget i tilknytning til «2+1»-motorveg. Slik kan akselerasjonsfeltet fortsette som forbikjøringsfelt. Det tenkes at retningen med forbikjøringsfelt kan «veksles» i forbindelse med krysset.

Tabell 4.1.1: Fordeler og ulemper med Modifisert T-kryss

Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none">• Forenkler avvikling av venstresvingende sidetraffikk.• Færre samtidige trafikkstrømmer.• Kan gi bedre trafiksikkerhet.	<ul style="list-style-type: none">• Ved stor venstresvingende trafikk på sideveg er det mulig at kjøretøy ikke får plass i påkjøringsfeltet.• Mer arealkrevende enn kanaliserte T-kryss.

4.2 Nedskalert RCUT

RCUT er skissert i Figur 4.2.1, og diskutert i Tabell 4.2.1.



Figur 4.2.1: Skisse av RCUT

Virkemåte/hensikt:

Løsningen bruker elementer fra *Restricted Crossing U-Turn* (RCUT) i Figur 3.1.5, men muligheten for direkte venstresving fra hovedveg fjernes. Motgående hovedvegtrafikk skilles med trafikkøy, slik at venstresvingebevegelser og gjennomkjøring på sideveg foregår i U-svingfeltene. Løsningen ivaretar hovedvegtrafikkens forkjøringsrett og fartsnivå.

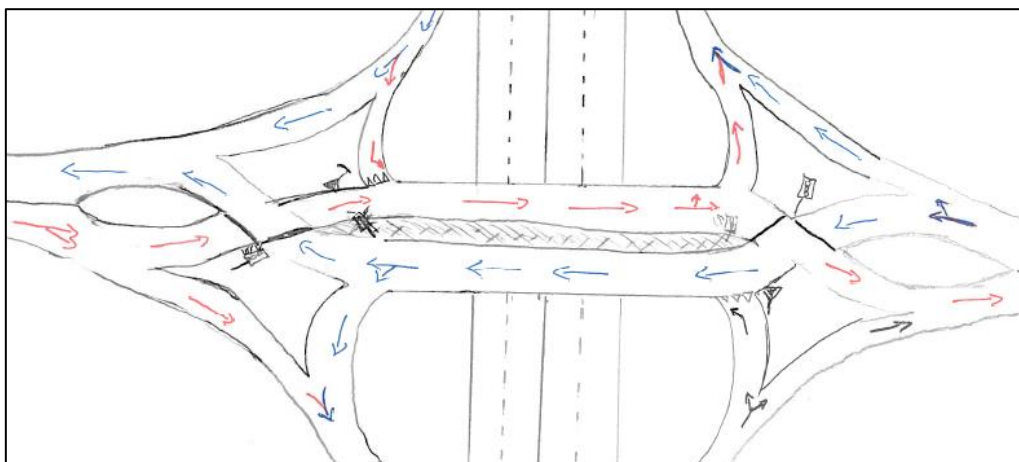
Det anses som hensiktsmessig å regulere krysset med vikeplikt. Geometrien medfører dermed enkle vikepliktsituasjoner hvor det kun foreligger én trafikkstrøm å vike for. Denne løsningen anses som et mulig alternativ til to forskjøvnede T-kryss eller en planskilt løsning på mindre hovedveger. Krysset kan være hensiktsmessig i landlige områder, og det kan anrettes beplantning på hovedtrafikkøya. Kryssløsningen kan tenkes å skape god og sikker avvikling for sideveger uten at hovedvegtrafikken hindres.

Tabell 4.2.1: Fordeler og ulemper med Nedskalert RCUT

Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none">• Gjennomgangstrafikk er uhindret• Antall konfliktpunkter reduseres• Kjøretøy på sideveg har færre trafikkstrømmer av høyere prioritet å forholde seg til samtidig.	<ul style="list-style-type: none">• Mulig avviklingsproblem ved mye trafikk på sideveger eller høy andel venstresvingende kjøretøy fra hovedveg.• Noe ukjent kjøremønster. Dette kan skape forvirring og misforståelse.

4.3 Nedskalert DDI

DDI er skissert i Figur 4.3.1, og diskutert i Tabell 4.3.1.



Figur 4.3.1: Skisse av Nedskalert DDI

Virkemåte/hensikt:

Krysset er en mindre versjon av *Diverging Diamond Interchange* (DDI) i Figur 3.1.6, med kun ett kjørefelt i hver retning på sideveg.

Løsningen er fra USA, men er også bygget i Danmark og andre land. Krysset har typisk to felt i hver retning på sideveg. Det foreslås å nedskalere ytterligere og bruke kun ett felt i hver retning. Dette kan redusere arealbruk og øke trafikantforståelsen. Avkjøringsrampes for venstresving kan vikepliktsreguleres. Samtidig kan avkjøringsrampene for høyresving flettes sammen med sideveg. De to krysningpunktene på sidevegen kan reguleres med lyskryss, eller vikeplikt. Dette forenkler venstresvingen ut på motorvegen, ettersom motgående trafikk bortfaller fra vurderingen. Motgående kjøreretninger kan flettes sammen i påkjøringsrampes.

Tabell 4.3.1: Fordeler og ulemper med Nedskalert DDI

Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none">• Venstresving fra motorvegen forenkles• Kan gi bedre avvikling på avkjøringsrampen	<ul style="list-style-type: none">• Nytt kjøremønster. Kan virke forvirrende• Stiller krav til optisk ledning og krysningvinkel• Ingen mulighet for direkte kjøring mellom av- og påkjøringsfelt i samme retning

5. Utredning av Modifisert T-kryss

Utredningen av Modifisert T-kryss gjøres etter følgende oppbygning:

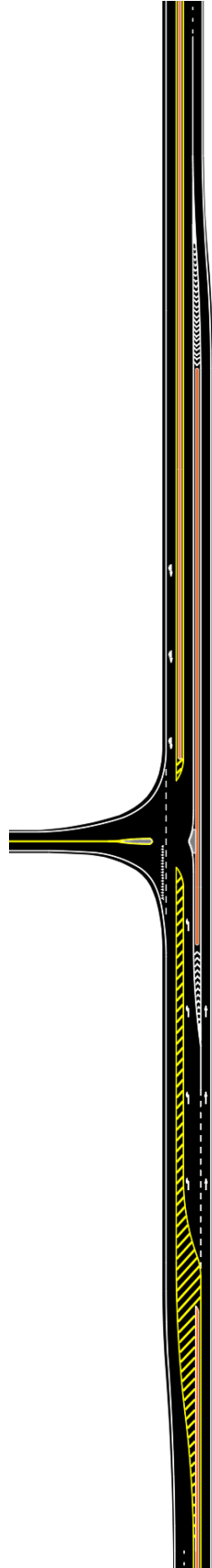
1. Geometrisk utforming
2. Skiltplan
3. Oppmerkingsplan
4. Brøyteplan
5. Trafikkavvikling
6. Trafikksikkerhet

5.1 Geometri

Introduksjon

Det modifiserte T-krysset er i prinsippet et kanalisert T-kryss med akselerasjonsfelt langs hovedvegen for å betjene venstresvingende sidevegstrafikk. Krysset anses å fungere godt i en situasjon der hovedvegen er anlagt som «2+1 veg». Her kan «akselerasjonsfeltet» fortsette som ordinært kjørefelt. Feltet medfører at venstresving fra sidevegen kan utføres ved å ta hensyn til én mindre trafikkstrøm i hovedkrysset, samtidig som den ene hovedtrafikkstrømmen skjermes fra kryssområdet. Kapittelet drøfter og argumenterer for det utarbeidede løsningsforslaget, vist i Figur 5.1.1.

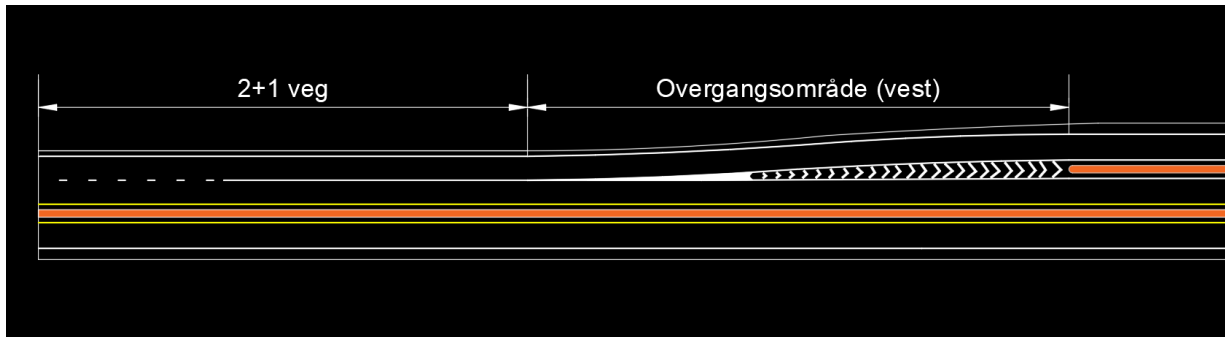
Det presiseres at løsningen også kan være anvendbar på vanlige tofeltsveger. I slike tilfeller flettes akselerasjonsfeltet sammen med hovedvegen etter kort tid, istedenfor å løpe parallelt over en større avstand. Denne løsningen er inkludert, men utredes ikke i detalj.



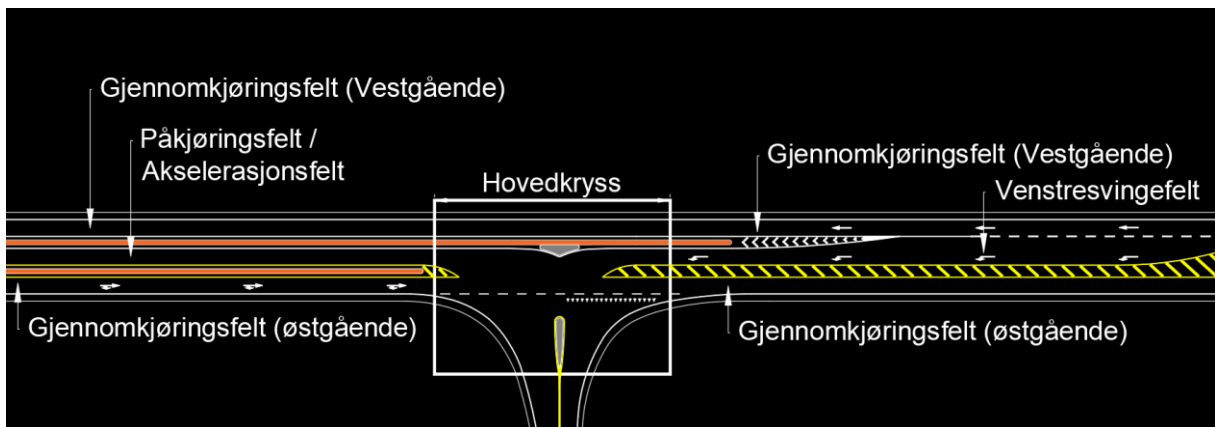
Figur 5.1.1: Prinsippskisse av Modifisert T-kryss

Prinsippskisser

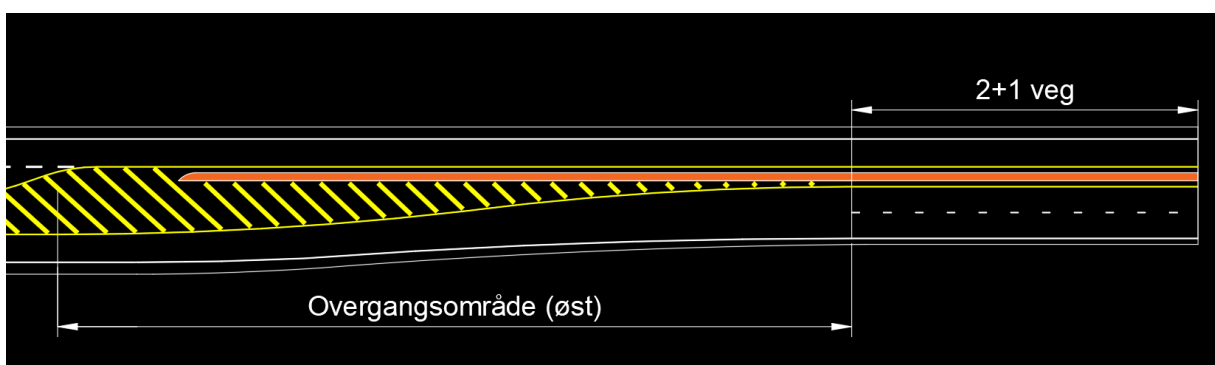
Geometrien i krysset introduseres i Figur 5.1.2 – 5.1.4. Her illustreres begreper som benyttes for å drøfte løsningsforslaget.



Figur 5.1.2: Modifisert T-kryss – vestre del



Figur 5.1.3: Modifisert T-kryss – kryssområde



Figur 5.1.4: Modifisert T-kryss – østre del

Valg av dimensjoneringsklasse(r)

Oppgaven betrakter tilfellet der en sideveg kobles sammen med en hovedveg med «2+1»-konfigurasjon. Dimensjoneringsklassene er valgt for å gjenspeile situasjonen.

Dimensjoneringsklasse for hovedveg

Geometridata

Dimensjoneringsklasse H5 benyttes for hovedvegen. I området nærmest krysset anlegges vegen prinsipielt som en «H5 tofeltsløsning» med total bredde 12,5 m. Langs hovedvegen på hver side av krysset, føres vegen videre som «2+1 veg» etter prinsippet for «H5-veg med forbikjøringsfelt». Her er total bredde 14,75 m. Denne løsningen innebærer kun forskjell på den siden av vegen som utvides fra ett til to kjørefelt. Forskjellene er som følger:

1. De to «nye» kjørefeltene er 0,25 m smalere enn kjørefeltet de erstatter.
2. Ytre skulderkant reduseres fra 1.5 m til 0,75 m.

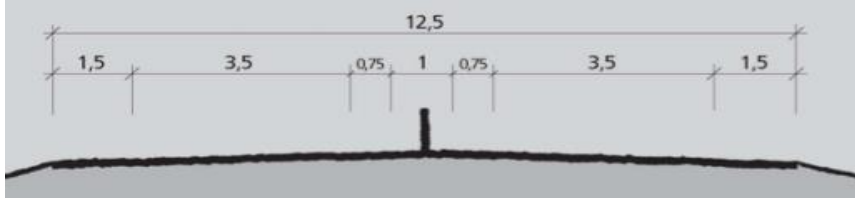
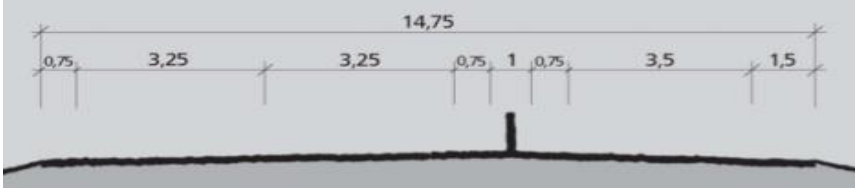
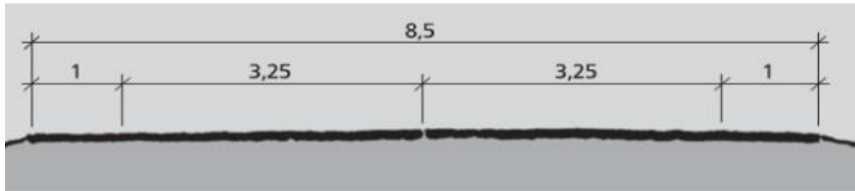
Øvrig informasjon om H5-veg

- Det anlegges midtdeler med midtrekkverk.
- Tillatt fartsgrense er 90 km/t. Det foreslås å redusere fartsgrensen til 80 km/t før kryssområdet, for begge retninger. Krysset har høy grad av kanalisering, og det anses som mer trafiksikkert å sette ned fartsgrensen i kryssområdet.
- Geometrien er «gyldig» for ÅDT mellom 6 000 og 12 000.
- For ÅDT mellom 6 000 og 8 000 skal kryss bygges som forkjørsregulert T-kryss eller planskilt kryss. Mulighet for rundkjøring er fjernet i henhold til «NA-rundskriv 2015/15» med mindre vegen går gjennom byer og tettsteder og fartsgrense er 60 km/t eller lavere (ikke tilfelle her).

Dimensjoneringsklasse for sideveg

Sidevegen settes som H1-veg med 8,5 meter vegbredde. Her finnes riktignok flere aktuelle valg. Et viktig poeng er at det tillates T-kryss for både H5- og H1-veg. Dermed kan det argumenteres for veger med disse dimensjoneringsklassene kan kobles sammen ved hjelp av modifisert T-kryss.

Valgte dimensjoneringsklasser og detaljer er illustrert i Figur 5.1.5.

Forklaring	Tverrsnitt
Dimensjoneringsklasse for hovedveg	
H5-veg med tofelts-løsning (mål i meter) (SVV, N100, s. 47)	
H5-veg med forbi-kjøringsfelt (mål i meter) (SVV, N100, s. 48)	
Dimensjoneringsklasse for sideveg	
H1-veg for ÅDT 4 000 – 12 000 (mål i meter) (SVV, N100, s. 37)	

Figur 5.1.5: Valgte dimensjoneringsklasser for Modifisert T-kryss

Utarbeidelse av kryssets geometri

Kryssets geometri krever en vurdering av følgende forhold:

1. Valg av «kanaliseringstype»: *fysisk* eller *oppmerket*
2. Utforming av venstresvingefelt og valg av startpunkt for midtrekkverk
3. Dimensjonering av kryssområdet
4. Utforming av påkjøringsfelt og valg av endepunkt for midtrekkverk
5. Vurdering rundt bruk av trafikkøy i hovedkrysset
6. Vurdering rundt bruk av trafikkøy på sideveg
7. Utforming av «overgangsområdene» mellom kryssområdet og 2+1 vegen
8. Utforming av rekkverk som skiller kjøretningene på hovedveg

I tillegg foreligger en enkel vurdering av tre alternative løsninger som kan være aktuelle:

9. Alternativ løsning: Modifisert T-kryss på tofeltsveg
10. Alternativ løsning: Stopplomme for forenklet vinterdrift
11. Alternativ løsning: Overkjørbart område på sidevegtilfart

1. Valg av «kanaliseringstype»: fysisk eller oppmerket

V121 informerer om at «venstresvingefelt bør utformes med fysisk kanalisering ved fartsgrense 50 og 60 km/t, og med oppmerket kanalisering ved fartsgrense 80 og 90 km/t» (V121, s. 33). Krysset anrettes med fartsgrense 80 km/t. Oppmerket kanalisering brukes.

2. Utforming av venstresvingefelt og valg av startpunkt for midtrekkverk

Lengden til venstresvingefeltet kan i utformes som i kanaliserte T-kryss, vist i Figur 5.1.6.

VENSTRESVINGEFELT
Beregning av lengder L1 og L2 for venstresvingefelt

Version 1.0/2012-12-12

Fartsgrense V, Velg fartsgrensen på stedet

Stigning s [%] Velg stigning på primærvegen

Tungtrafikkandel [%] Velg tungtrafikkandel i krysområdet

Trafikkall

← Cr Gjennomgående kjt - ikke relevant for beregningen

← Cv Antall venstresvingende kjt i dimensjonerende time

Antall kjt i dim. time A →

← positiv stigningsretning

Krav til lengder av L1 og L2:

Lengde av L1	100	[m]
Lengde av L2	25	[m]

Figur 5.1.6: Prinsippskisse av kanalisert T-kryss (V121, s. 31)

- Etter denne framgangsmåten, består feltet av to spesifikke lengder, L1 og L2:
- L2 kalles «overgangsstrekningen», og er definert som distansen avkjøringsfeltet utvides fra «ingen bredde» til full kjørefeltbredde
- Lengden L1 er definert som distansen avkjøringsfeltet løper parallelt med hovedvegen og har full bredde. Lengden stanser i flukt med punktet der sperreområdet krummes (inn mot hovedkrysset).

Lengdene L1 og L2 som brukes for kanalisert T-kryss, beregnes gjennom regnemodellen i Figur 5.1.6. Inngangsdata til beregningen er *fartsgrense, stigning, tungtrafikk-andel og trafikkmengder*. Trafikkmengder beholdes som standard. Vurderingen bak å beholde verdiene beror på oppfatningen av «*dimensjonerende time*». Dimensjonerende time er «*timen som har en trafikkmengde som kun overskrides 29 ganger i løpet av året*» (V121, s. 17). Trafikkmengdene som er lagt til grunn er dermed høye. Særlig er Cv (antall venstresvingende kjøretøy i dim. time) høy til å være venstresving fra hovedveg. Valg av L1 og L2 basert på disse verdiene, er derfor konservativt. Løsningsforslaget utformes som et idealisert eksempel, og denne lengden må vurderes etter stedlige forhold.

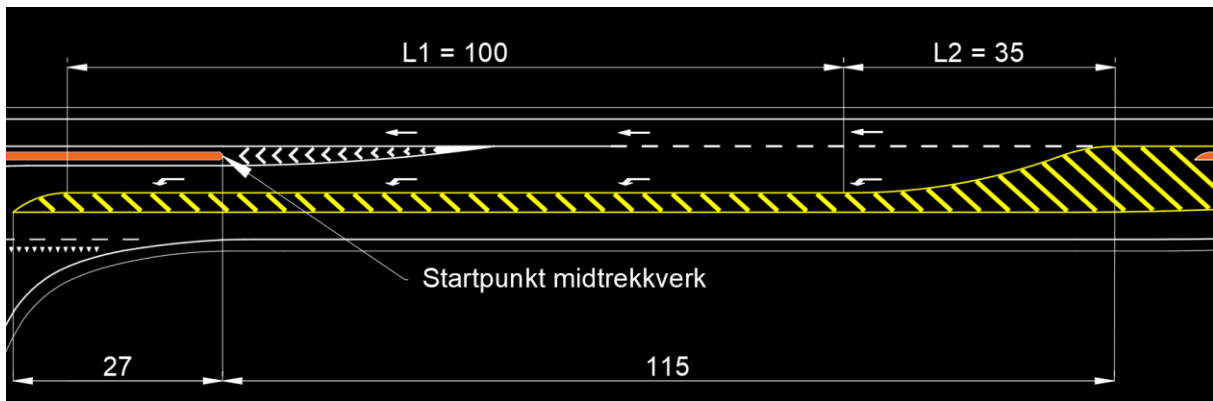
Beregningen gir lengder for L1 og L2 på henholdsvis 100 og 25 meter. Videre er det behov for en vurdering om total lengde på 125 meter er tilstrekkelig, knyttet til bruk av rekkverk mellom kjørefeltene for gjennomgangstrafikk og venstresving. Rekkverket skiller krysset fra et konvensjonelt kanalisert T-kryss, og må vurderes særskilt. Følgende to utfordringer gjør det fornuftig å øke lengden på L2 i forhold til verdien angitt i regnemodellen:

1. Bruk av midtrekkverk mellom kjørefeltene for gjennomgangstrafikk og venstresving krever «ekstra» behov for breddeutvidelse. Breddeutvidelsen tilsvarer samlet bredde av midtrekkverk og skuldre (2,5 meter). Det anses som mest hensiktsmessig at den «ekstra» breddeutvidelsen foregår over overgangsstrekningen L2, fremfor L1. Lengden L1 skal benyttes til fartsreduksjon, slik at svingebevegelser her bør unngås.
2. Rekkverkets startpunkt bør skje en viss avstand før hovedkrysset, for å redusere muligheten for at det kan oppstå interaksjon mellom avsvingende kjøretøy og gjennomgangstrafikk. Dette «krymper» tilgjengelig lengde for valg av kjørefelt.

På bakgrunn av disse forhold er det foreslått at L2 settes til 35 meter istedenfor de 25 meterne som angis i regnearket. Dermed bygges det nødvendig bredde for midtrekkverket gjennom en slak overgang som samtidig bidrar til god linjeføring for venstresvingende kjøretøy. L1 beholdes som 100 meter.

Det besluttet at rekkverket innføres 115 meter etter at L2 begynner, som vist i Figur 5.1.7. Rekkverket introduseres dermed 27 meter før venstresvingefeltet avsluttes. Dette danner også et kømagasin som kan holde rundt 4 - 5 personbiler fysisk atskilt fra gjennomgangstrafikken. Det kan riktignok vurderes hvorvidt rekkverket bør skille kjørefeltene tidligere. Det kan tenkes at dette vil øke trafiksikkerheten, siden trafikanter vil bli «tvunget» til å ta et valg

tidligere, istedenfor å gjøre det mulig «å vente til siste liten». Valget av lengder for venstresvingefeltet er oppsummert i Figur 5.1.7. Verdiene tilfredsstill minimumskravene i V121, samtidig som nødvendige modifikasjoner er vurdert.



Figur 5.1.7: Lengde for venstresvingefelt og fri lengde før rekkverk (mål i meter)

Feil i regnemodell for venstresvingefeltets lengde

Mot slutten av oppgaveskrivingen ble studentene gjort klar over at regnemodellen for beregning av venstresvingefeltets lengde inneholder en feil. Konsekvensene av feilen er at venstresvingefeltet i det aktuelle tilfellet beregnes som 7 meter for kort.

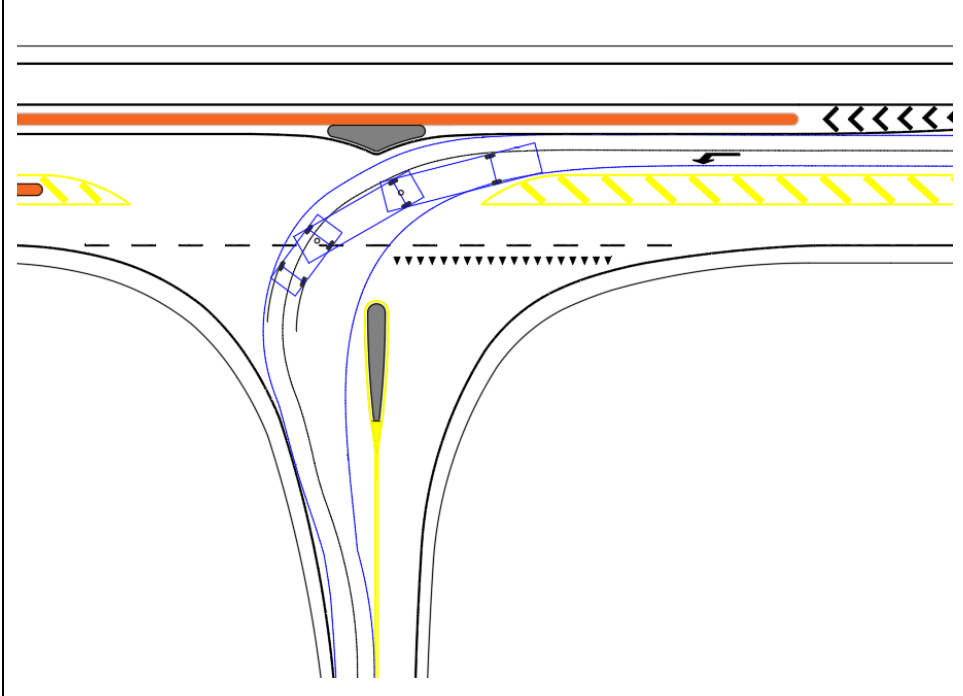
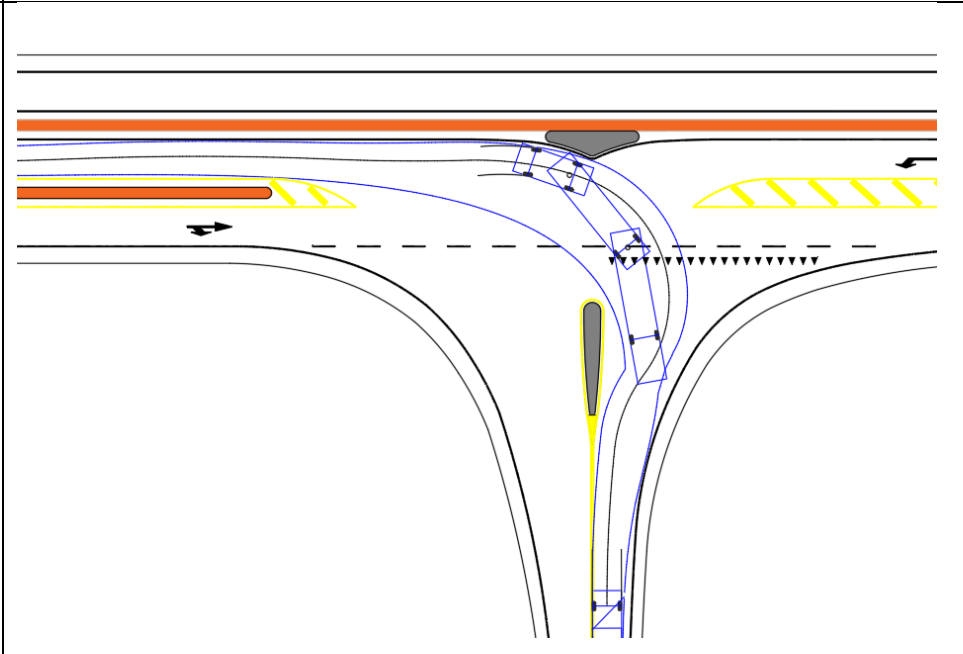
Håndbok V121 henviser til regnemodell «Versjon 1.0» fra 2012 (se høyre kant i Figur 5.1.6). Det foreligger en revidert regnemodell per 2015, som tar hensyn til feilen. Nye revisjoner av V121 bør oppdateres med henvisning til denne.

3. Dimensjonering av kryssområdet

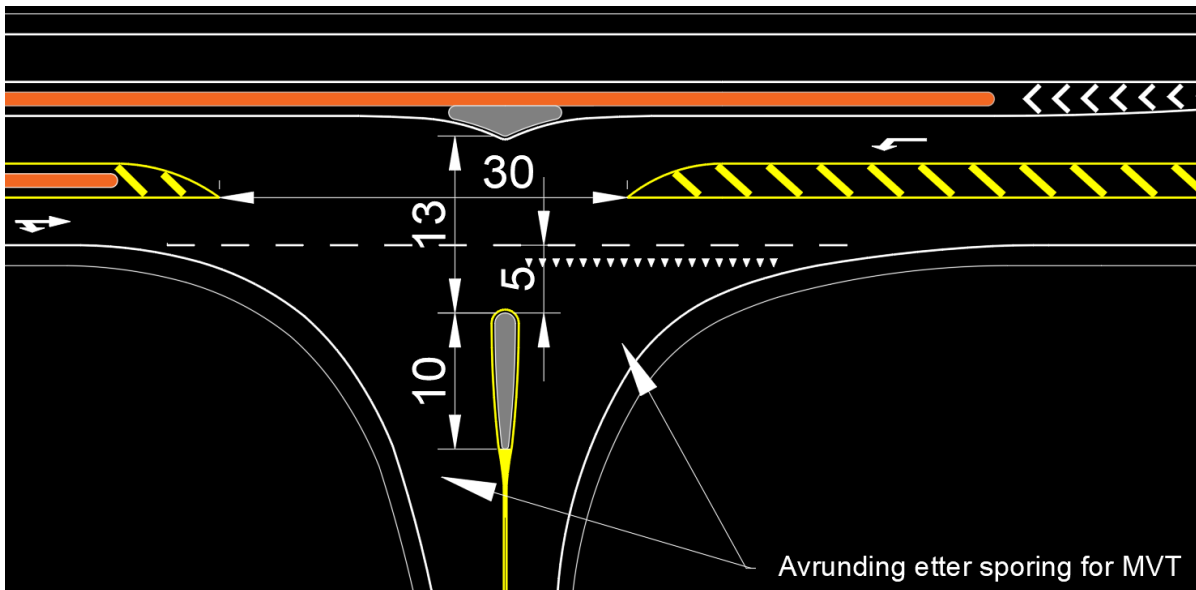
Nødvendige dimensjoner i kryssområdet bestemmes gjennom sporing for dimensjonerende kjøretøy. Sporingsskurver for MVT3 er vist i Tabell 5.1.1. Sporingene for MVT1 og MVT2 er å finne i Vedlegg B. Modulvogntog skal her sikres framkommelighet etter kjøremåte A. Tilsvarende skal modulvogntog sikres gjennomkjøring etter kjøremåte B på veger og vegkryss med dimensjoneringsklasse H1 og bredde 6,5 meter, som er tilfelle for den aktuelle H1-vegen.

Tabell 5.1.1: Sporingsskurver for modulvogntog MVT3 for Modifisert T-kryss

Bevegelse og kommentar	Figur
<p>Svingebevegelse: Høyresving fra hovedveg</p> <p>Kommentar: Kjøremåte A er sikret for bevegelsen</p>	
<p>Svingebevegelse: Høyresving fra sideveg</p> <p>Kommentar: Kjøremåte A er sikret for bevegelsen</p>	

<p>Svingebevegelse: Venstresving fra hovedveg</p> <p>Kommentar: Kjøremåte A er sikret for bevegelsen</p>	
<p>Svingebevegelse: Venstresving fra sideveg</p> <p>Kommentar: Kjøremåte A er sikret for bevegelsen</p>	

Størrelsen på sentrale dimensjoner i hovedkrysset er vist i Figur 5.1.8. Dimensjonene tilfredsstiller gjennomkjørbarhet som beskrevet i Tabell 5.1.1. Ytre skulderbredde forandres langs buene som knytter sammen hoved- og sideveg. Ytre skulderbredde langs hovedvegen er 1,5 meter (H5-veg i tofeltskonfigurasjon), og sidevegen har skulderbredde på 1,0 meter (H1-veg). Overgangen gjøres over sirkelbuenes lengde.



Figur 5.1.8: Dimensjoner hovedkryss (mål i meter)

4. Utforming av påkjøringsfelt og valg av endepunkt for midtrekkverk

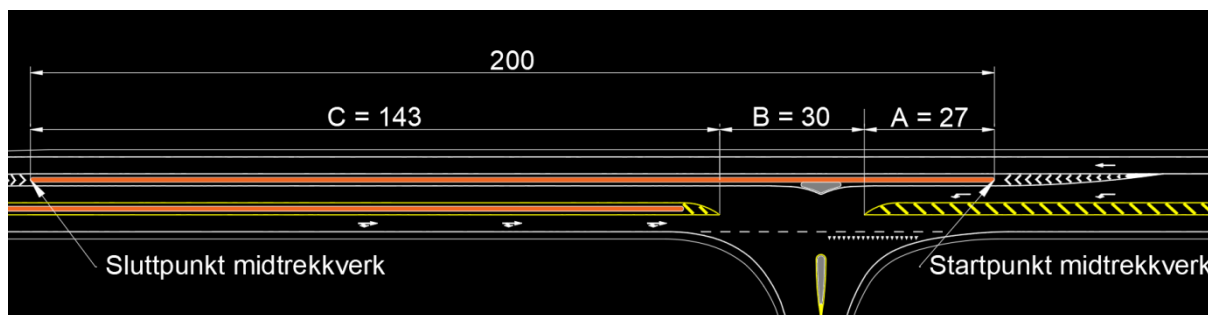
Rekkverkets lengde kan inndeles i tre komponenter:

- A. Rekkverk parallelt venstresvingefeltet
- B. Rekkverk gjennom hovedkrysset
- C. Rekkverk parallelt påkjøringsfeltet

Bestemmelsen av disse lengdene forklares i det følgende, og illustreres i Figur 5.1.9.

- A. Lengden på rekkverket som løper parallelt med venstresvingefeltet avgjøres i forbindelse med venstresvingefeltets utforming. Det ble argumentert for at 27 meter er en hensiktsmessig lengde.
- B. Lengden på rekkverket gjennom hovedkrysset er bestemt av kryssområdets dimensjoner. Disse er igjen bestemt gjennom sponing for dimensjonerende kjøretøy. Rekkverklengde på 30 meter tilsvarer kryssområdets lengde, vist i Figur 5.1.8.
- C. Rekkverk parallelt med påkjøringsfeltet krever grundigere drøfting. Drøftingen rundt valgt lengde innledes på kommende side. Som resultat av drøftingen settes lengden til 143 meter.

Dette gir en samlet rekkverklengde på 200 meter.



Figur 5.1.9: Lengdekomponenter for rekkverk

Lengden på «rekkverk del C» - rekkverket parallelt med påkjøringsfeltet

Funksjonen til denne delen av rekkverket er å skille akselererende trafikk i påkjøringsfeltet fra gjennomgangstrafikken i feltene ved siden av. Diskusjonen om rekkverkets lengde er derfor avhengig av distansen som trengs for å oppnå en fart som er «lik nok» gjennomgangs- trafikkenes fart på rundt 80 km/t. Betrakningen bygger på følgende vurderinger:

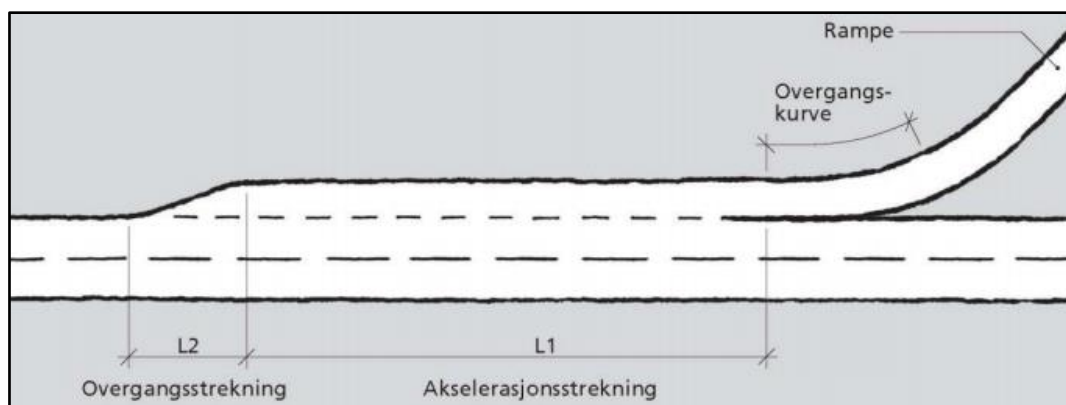
- Finnes det etablerte krav til lengden av påkjøringsfelt?
- Hvilken fart har kjøretøy når de entrer påkjøringsfeltet etter avsluttet venstresving?
- Hvilken hastighet bør akselererende kjøretøy ha når rekkverket avsluttes?
- Hvor langt fra påkjøringsfeltets begynnelse har kjøretøyene kjørt for å oppnå farten?

Krav til lengde på akselerasjonsfelt i tilknytning til planskilte kryss

Det finnes ikke akselerasjonsfelt i tilknytning til konvensjonelle T-kryss. Det er dermed behov for en vurdering av lengden til akselerasjonsfelt hvor slike felt faktisk brukes. Det finnes en regnemodell i V121 for å bestemme akselerasjonsfeltets lengde i planskilte kryss. Ettersom denne krysstypen er forskjellig fra det aktuelle tilfellet, bør det stilles spørsmålstegn ved modellens anvendbarhet.

Som ved beregningen av venstresvingefeltets lengde, består akselerasjonsfeltet av to definerte lengder, L1 og L2, som forklart under og illustrert i Figur 5.1.10:

- L1 løper parallelt med hovedvegen og har konstant feltbredde. L1 kalles også «akselerasjonsstrekningen», og skal være tilstrekkelig lang til at farten kan tilpasses hovedvegens fartsnivå.
- L2 benyttes for å reduseres feltbredden og avslutte påkjøringsfeltet.



Figur 5.1.10: Standardutforming av akselerasjonsfelt (V121, s. 77)

Akselerasjonsfeltet i Figur 5.1.10 skiller seg fra akselerasjonsfeltet som trengs i modifisert T-kryss. Følgende forskjeller foreligger:

- Påkjøringsrampen utgår i det modifiserte T-krysset. Alle tilfarter ligger i plan.
- Overgangskurven utgår. Det kan riktignok argumenteres for at kjøring i overgangskurven har visse likhetstrekk med venstresvingebevegelsen fra sidevegen.
- Akselerasjonsstrekningen, L1 i det modifiserte T-krysset, påkobles hovedvegen på venstre hånd. Dette skiller seg fra vanlig praksis, hvor trafikkstrømmen som flettes sammen med hovedvegtrafikken kommer inn fra høyre.
- Overgangsstrekningen L2 utgår for det modifiserte T-krysset. Feltet fortsetter som parallelt kjørefelt med «2+1»-konfigurasjon.

På tross av forskjellene mellom løsningene, kan det argumenteres for at lengden L1 er retningsgivende for strekningen som kreves for å oppnå lik fart i feltene. Modellen benyttes for å finne et estimat for L1. Regnemodellen baseres på følgende inngangsparametere:

- Dimensjonerende kjøretøy
- Stigning på hovedveg
- Startfart
- Hovedvegens fartsgrense

Personbil settes som dimensjonerende kjøretøy, uavhengig av vegens dimensjoneringsklasse. Stigningen settes til 0 %. Med «startfart» menes kjøretøyets fart ved starten av akselerasjonsstrekningen. Denne farten diskuteres i følgende avsnitt. Fartsgrensen settes til 80 km/t.

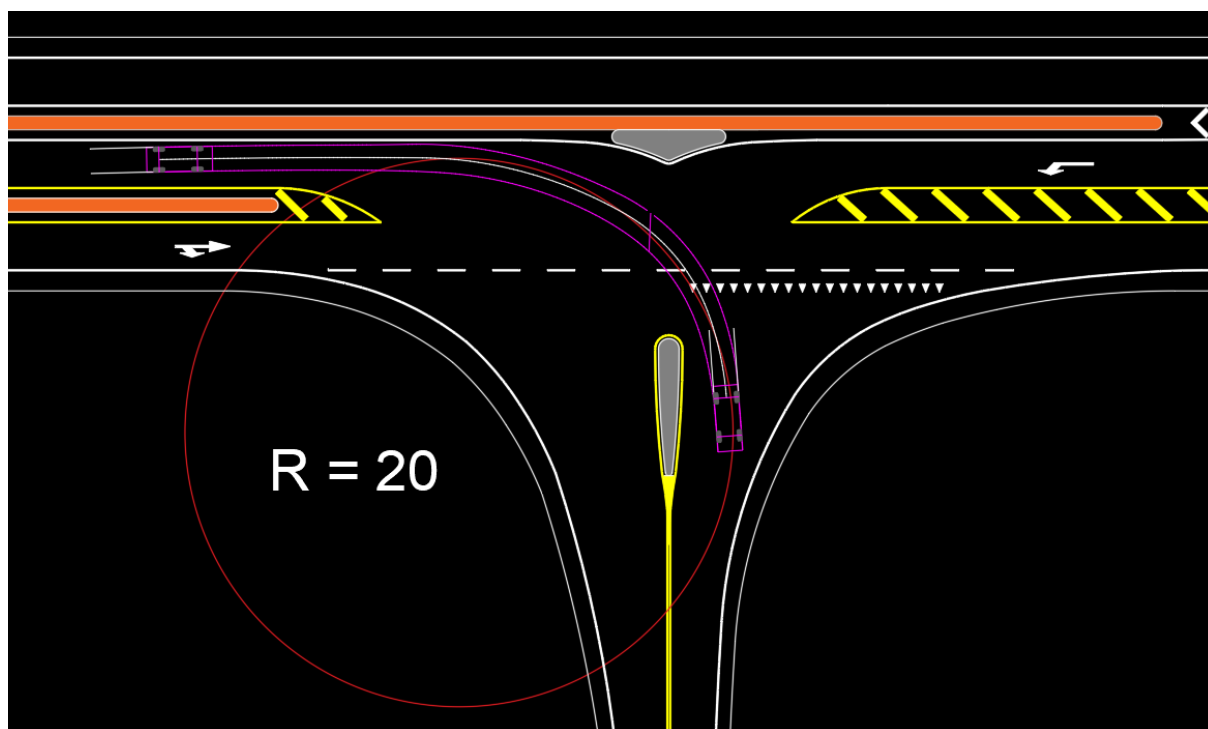
Bestemmelse av startfart (V_0) for akselerasjonsfeltet

«Startfart» defineres som farten på kjøretøy ved starten av akselerasjonsstrekningen. Denne parameteren fastsettes ut fra rampens radius, i henhold til en tabell i regnemodellen, se Tabell 5.1.2. Selv om det modifiserte T-krysset ikke har påkjøringsrampe, kan tabellen anses som retningsgivende. Bruk av tabellen forsvares gjennom likheten ved at både rampens radius og venstresvingens radius anses, isolert sett, som ganske like.

Tabell 5.1.2: Sammenheng mellom R_{rampe} og startfart (V_{rampe}) (V121, s. 77)

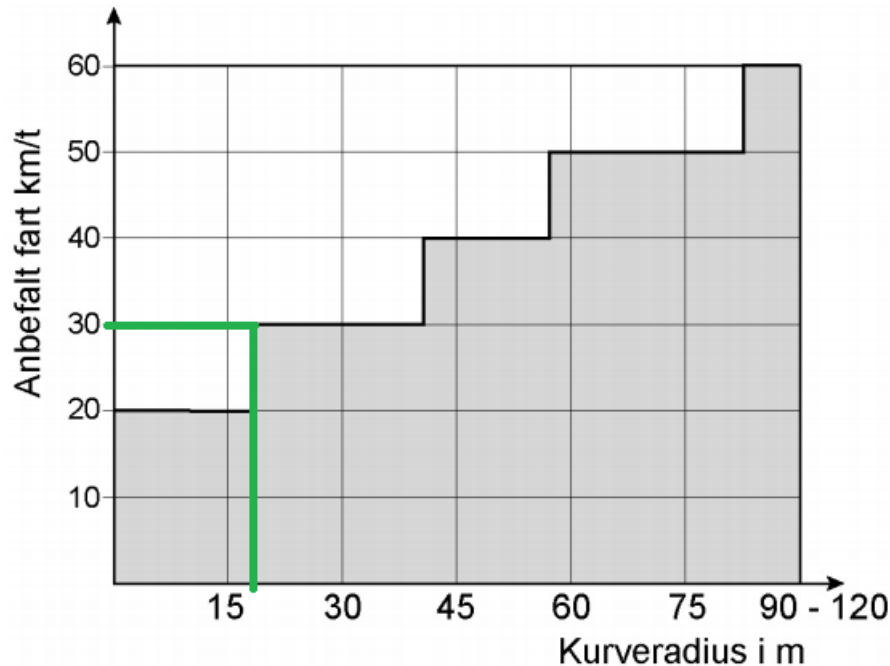
R_{rampe} [m]	50	60	70	80	90	100	125	150	175	200	225	250
V_{rampe} [km/t]	46	49	52	55	58	60	65	70	73	75	76	80

For å sjekke om tabellen kan brukes i forbindelse med venstresving fra sideveg og inn i påkjøringsfeltet, ble det benyttet sporingsverktøy for personbil, ettersom denne er dimensjonerende kjøretøy for lengden L1. Sporingskurven for en representativ venstresving fra sideveg, vist i Figur 5.1.11, brukes for å tilpasse en sirkelbue. Slik estimeres radiusen på bevegelsen. Et estimat viser at en typisk venstresving fra sideveg følger en kurveradius på 20 meter, hvilket er utenfor domenet til Tabell 5.1.2.



Figur 5.1.11: Spring av personbil for estimering av akselerasjonsfeltets startfart

Startfarten kan riktignok estimeres gjennom bruk av Figur 5.1.12. Diagrammet brukes som grunnlag for å vurdere skilting i forbindelse med skilt 812 «Anbefalt fart», og brukes ved krappe og farlige svinger langs øvrige strekninger. Ved å sammenligne venstresving fra sideveg med en slik «kropp kurve» med radius på 20 meter, estimeres svingehastigheten til ca. 30 km/t. Det er derfor også rimelig å sette startfarten for akselerasjons-feltet til 30 km/t.



Figur 5.1.12: Anbefalt fart som funksjon av kurveradius (N300, del 2, s. 128)

Valg av kjøretøyfart der det anses som forsvarlig å avslutte rekkverket

Det anses som viktig for trafiksikkerheten at saktegående kjøretøy i påkjøringsfeltet separeres med rekkverk fra trafikkstrømmen med høy hastighet i gjennomkjøringsfeltet. Når disse kjøretøyene har opparbeidet seg «forsvarlig» fart, avsluttes rekkverket. Deretter kan feltene separeres med sperreområde og sperrelinje, før kjørefeltene fortsetter parallelt.

Her trengs en diskusjon vedrørende hvilket fartsnivå akselererende kjøretøy i påkjøringsfeltet skal ha når rekkverket avsluttes. Dette gjøres med regnemodellen for akselerasjonsfelt. I det følgende benyttes «L1» som lengden på «rekkverk del C», *ikke* lengden av selve kjørefeltet, da dette fortsetter langs hovedvegen.

Regnemodellen benyttes for to tilfeller av slutfart, henholdsvis 70 km/t og 80 km/t, med øvrige inngangsparametere konstante. Førstnevnte tilfelle er vist i Figur 5.1.13.

AKSELERASJONSFELT				
Modell for beregning av minstelengde for akselerasjonsstrekningen L1				
Kjøretøytype		Personbil		<i>Personbil er dimensjonerende kjøretøy</i>
	Stigning	s	0	[%] <i>Stigning på primærvegen Negativt fortegn for fall</i>
	Startfart	V ₀	30	[km/t] <i>Kjøretøyets fart ved starten av akselerasjonsstrekningen settes ut fra rampens radius (se tabell nedenfor) Startfarten må være mindre eller lik primærvegens fartsgrense</i>
	Fartsgrense	V	70	[km/t] <i>Primærvegens fartsgrense</i>
Lengde av L1:		120	[m]	

Figur 5.1.13: Krav til L1 for akselerasjonsfelt i planskilte kryss ved 70 km/t (V121, s. 77)

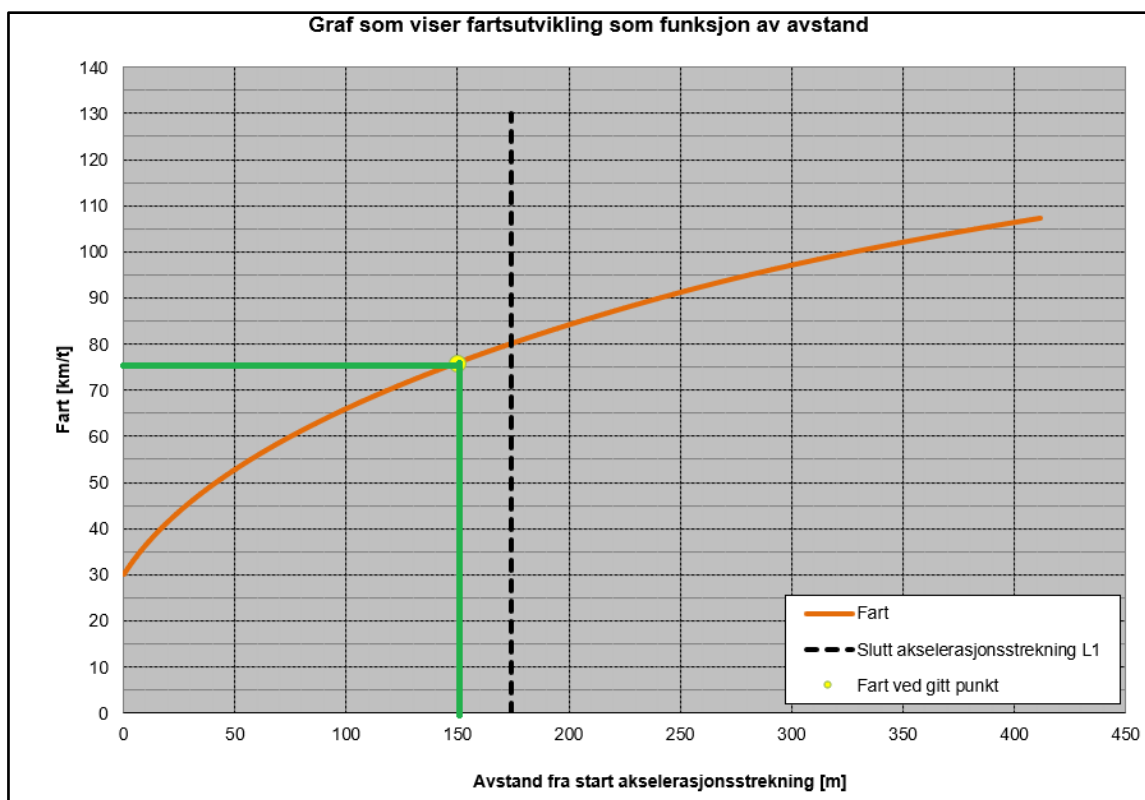
Følgende resultater foreligger:

1. En avslutning av rekkverket ved fart på 70 km/t, krever at rekkverket langs påkjøringsfeltet blir 120 meter langt.
2. Tilsvarende kreves en lengde på 174 meter dersom rekkverket avsluttes når kjøretøyet har oppnådd en fart på 80 km/t.

Rekkverkets totale lengde må dermed økes med 54 meter dersom rekkverket skal avsluttes ved en kjøretøyfart på 80 km/t istedenfor 70 km/t. De to beregnede lengder for L1 danner dermed «ytre grensebetingelser» for hva som anses som fornuftig rekkverklengde. En kjøretøyfart i akselerasjonsfeltet på 70 km/t anses som «i det minste laget» med tanke på hastighetsforskjell i feltene. En slutfart på 80 km/t kan derimot sies å være «unødvendig langt». Begrunnelsen for dette er todelt:

1. Etter at rekkverket avsluttes, bør forbudet mot feltbytte videreføres (for begge kjørefelt) gjennom et sperreområde etterfulgt av sperrelinje. Her kan også kjøretøy foreta ytterligere fartsøkning.
2. Det er rimelig å anta at størsteparten av trafikanter i påkjøringsfeltet vil vente ytterligere med feltbytte. Slik kan trafikantene lese trafikkbildet over lengre tid.

Begge disse faktorene bidrar til at trafikanter har større mulighet til å tilpasse farten etter rekkverkets avslutning. Den valgte løsningen utarbeides gjennom å betrakte en graf vedlagt i regnemodellen. Grafen viser fartsutvikling som funksjon av avstand fra påkjøringsfeltets begynnelse, og er gjengitt i Figur 5.1.14.

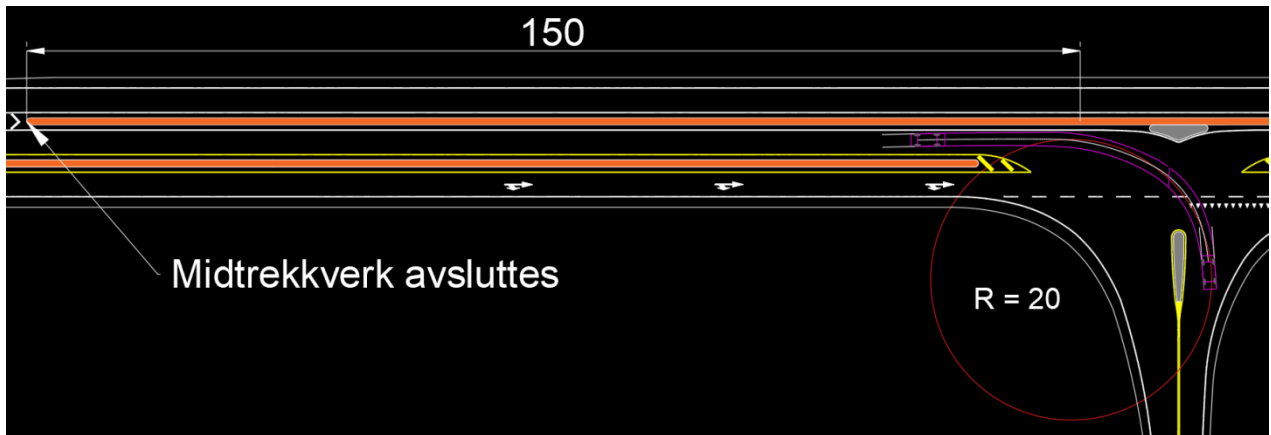


Figur 5.1.14: Fartsutvikling som funksjon av avstand (V121, s. 77)

Gjennom å betrakte Figur 5.1.14, framkommer det at bruk av rekkverkslengde (målt fra påkjøringsfeltets begynnelse) lik 150 m, medfører at kjøretøyfarten ved rekkverkets slutt punkt vil være 76 km/t. Farten er ca. lik 75 km/t, som ligger mellom de «ytre grensebetingelsene».

For å garantere at kjøretøy i påkjøringsfeltet oppnår lik hastighet som gjennomgangstrafikken, bør kjørefeltene skilles videre ved hjelp av sperreområde og sperrelinje, som i sum løper minst de siste meterne fram til de «påkrevde» 175 meterne for å oppnå fart på 80 km/t.

Lengden av rekkverket som løper parallelt med akselerasjonsfeltet, skal altså være 150 meter langt fra punktet der personbilen har fullført og «rettet opp» en representativ venstresving, som vist i Figur 5.1.15. Dette vil sørge for at rekkverket avsluttes ved en kjøretøyfart på ca. 75 km/t. Denne lengden er noe lenger enn «rekkverk del C», slik den er definert i forhold til hovedkryssets dimensjoner. «Rekkverk del C» måles fra punktet der sperreområdet avsluttes, mens personbilen «retter opp» svingen ca. 7 meter før dette punktet. Lengden på «rekkverk del C» blir 143 meter.



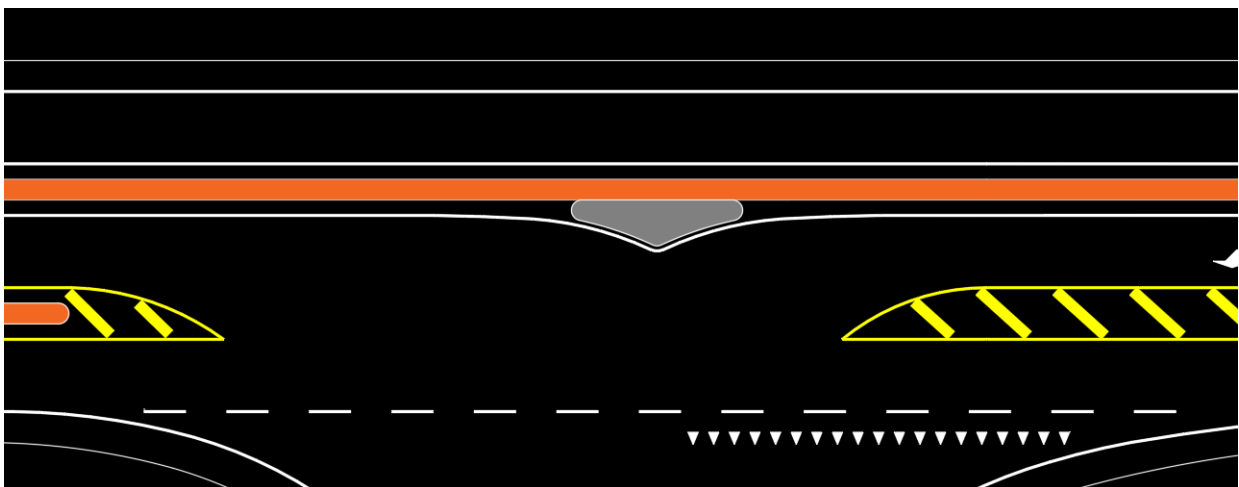
Figur 5.1.15: Lengde av rekkverket langs akselerasjonsfeltet etter fullført venstresving

5. Vurdering rundt bruk av trafikkøy i hovedkrysset

Det må unngås at gjennomgangstrafikk «forviller» seg inn på venstresvingefeltet, for deretter å fortsette inn på akselerasjonsfeltet. Det er drøftet to årsaker til at problemet kan oppstå:

1. Førerfeil – trafikanter misforstår geometri og skilting
2. Tilsiktet - Trafikanter på hovedveg bruker påkjøringsfeltet som forbikjøringsfelt

Det anses det som hensiktsmessig å bruke en trafikkøy i hovedkrysset for å redusere sannsynligheten for gjennomkjøring mellom venstresvingefelt og påkjøringsfeltet. Trafikkøya bør ha avrundet trekantform. Løsningen er illustrert i Figur 5.1.16. Trafikkøya er ikke konvensjonell i henhold til norske forhold, og representerer et avvik fra vegnormalene. Plassering av øya er tilpasset på grunnlag av sporingskurver for MVT.

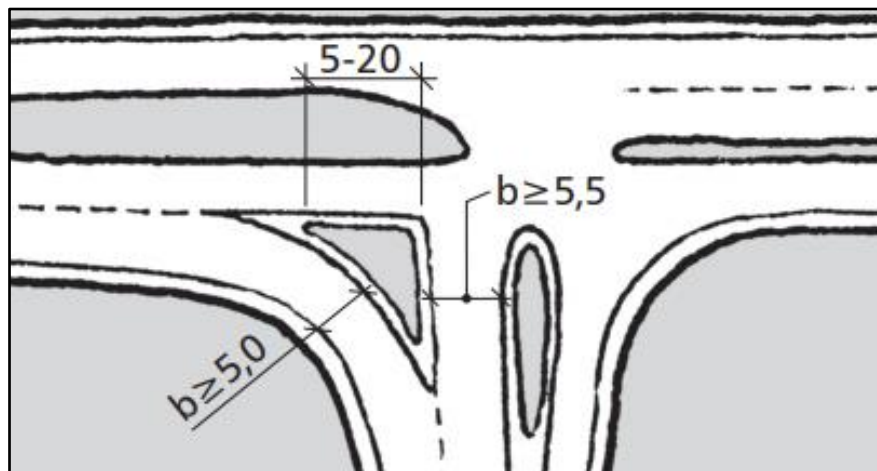


Figur 5.1.16: Plassering av trafikkøy for å hindre gjennomkjøring

Trafikkøya anrettes etter krav for trekantøy i V121 (s. 39), illustrert i Figur 5.1.17:

- Lengden parallelt med hovedvegen anbefales 5 - 20 meter lang
- Hjørnene avrundes med $R = 0,5$ meter

Øyas lengde settes lik 8,4 meter, og minste tillatte hjørneavrunding på $R = 0,5$ meter brukes. Lengde tilfredsstillende dermed lengdekravet. Det etableres vegskulder på 0,25 meter.

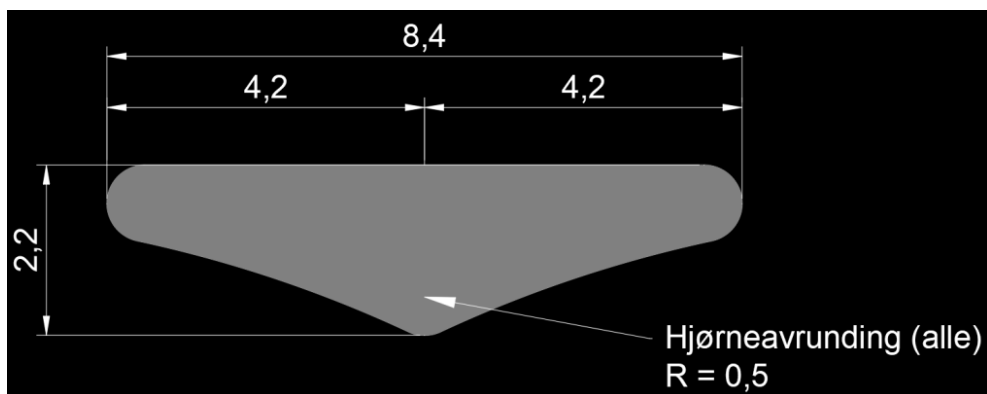


Figur 5.1.17: Utforming av trekantøy (mål i meter) (V121, s. 39, modifisert)

Den gjenstående dimensjonen er trafikkøyas bredde «på tvers» av kjørefeltet. For å sørge for at gjennomkjøring unngås mellom feltene, må det vurderes hvor langt ut i kjørebanelen øya skal plasseres. Det er viktig at trafikkøya er med på å tydeliggjøre at gjennomgangstrafikk ikke skal forekomme. Øya anlegges med en slak vinkel som tydeliggjør at venstresving er tiltenkt bevegelse. Samtidig skal ikke øya skape problemer for modulvogntog. Dette kontrolleres med sporing.

Den «største» bredden på trafikkøya som ikke skaper problemer for modulvogntog, er 2,2 meter. Ettersom skulderkanten på venstresvingefeltet og påkjøringsfeltet er 0,75 meter bred, vil trafikkøya «stikke» snaut 1,5 meter ut i kjørefeltet. Ettersom kjørefeltet er 3,5 meter bredt, vil trafikkøya utgjøre et «hinder» for gjennomkjøring. Gjennomkjøring vil fortsatt kunne skje, men ved langt lavere hastigheter enn ellers. Det kan derfor med rimelighet antas at trafikkøya vil eliminere tilsiktet gjennomkjøring i hovedkrysset.

Foreslått utforming av trafikkøya i hovedkrysset er illustrert i Figur 5.1.18.

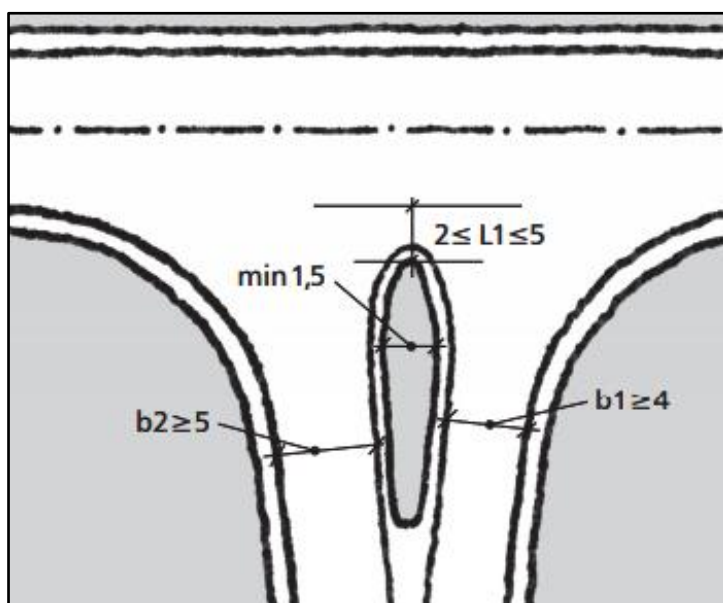


Figur 5.1.18: Dimensjoner på trafikkøy i hovedkryss

6. Vurdering rundt bruk av trafikkøy på sideveg

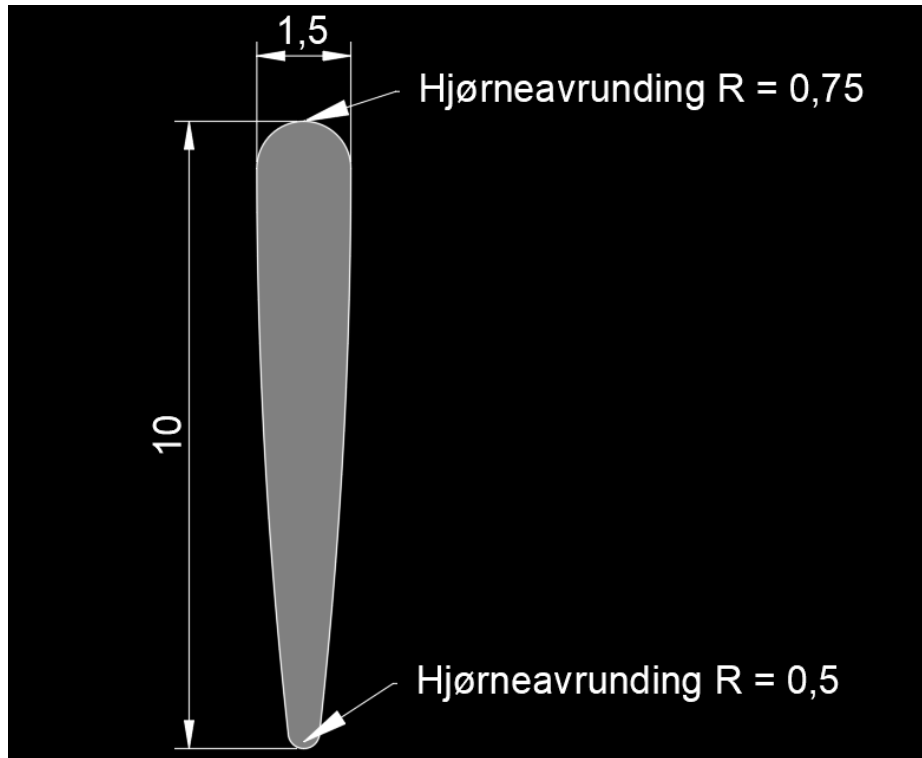
V121 stadfester at «i kryss med nasjonal hovedveg bør trafikkøy (dråpe) anlegges i sekundærvegen» (V121, s. 29). Det anrettes derfor trafikkøy på sidevegen. Øya utformes som vist i Figur 5.1.19, på bakgrunn av sporing for modulvogntog. Følgende krav stilles i V121 (s. 30):

- Sporing for dimensjonerende kjøretøy skal sikres (sporing og overheng)
- Minimumsbredde på øyas bredeste sted er 1,5 m
- Lengden av trafikkøya bør være så stor at øya ikke innbyr til kjøring i motgående kjørefelt (10 m anbefales)
- Avstand fra kjørebane kant i hovedvegen til trafikkøy anbefales 2 - 5 m



Figur 5.1.19: Mål på trafikkøy i sekundærveg (mål i meter) (V121, s. 30)

Trafikkøyas avstand fra kjørebaneanten til hovedvegen settes til 5 meter. Dette er i tråd med ovennevnte krav, og gjøres for å sikre gjennomkjørbarhet for modulvogntog. Figur 5.1.20 viser utformingen av trafikkøya. Trafikkøyas «tilbaketrekning» kan imidlertid være ugunstig for personbiler. Her oppstår et noe stort «tomt» område mellom trafikkøy og kjørebaneant.



Figur 5.1.20: Utforming av trafikkøy på sideveg

7. Utforming av «overgangsområdene» mellom kryssområdet og 2+1 vegen

Det modifiserte T-krysset tenkes anlagt i tilknytning til en «2+1»-veg. Kryssets geometri gjør området passende for å veksle mellom hvilken kjøreretning som har forbikjøringsfeltet. På grunn av kryssets geometriske egenskaper, kreves det to «overgangsområder».

Fellesnevneren mellom overgangsfeltene er som følger: Når vegen går over fra «tofeltsløsning» til «2+1» veg, stilles det endrede krav til kjørefeltbredder. Bredder på kjørefelt reduseres fra 3,5 meter i tofeltsløsningen til 3,25 meter per felt på «2+1» vegen. I tillegg endres ytre skulder fra 1,5 meter til 0,75 meter. Kravene til indre skulderbredde og rekkverk forblir uendret, i henhold til Figur 5.1.5. Overgangsfeltene er ulike, og diskuteres separat.

Østre overgangsområde

Foreslått utforming av østre overgangsområde er vist i Figur 5.1.21.



Figur 5.1.21: Overgangsområde – østre del

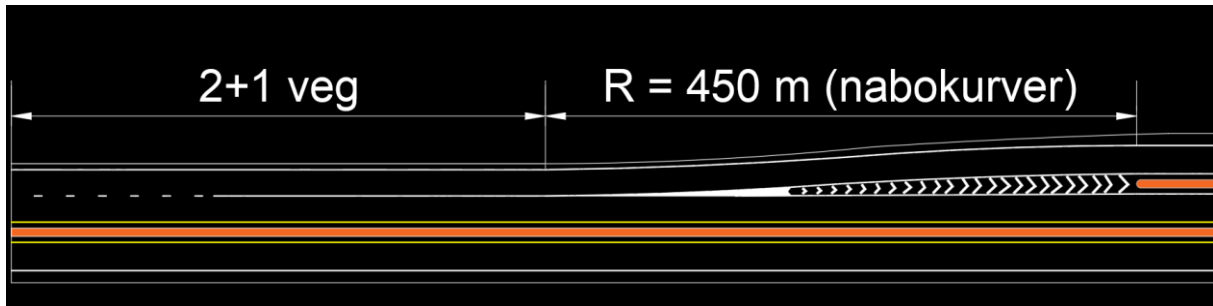
Utformingen beror på følgende betraktninger:

- Det er viktig at vestgående trafikanter har rettlinjert kjørebane. Geometrien bør tilrettelegges slik at disse trafikantene kan fokusere utelukkende på å plassere seg i ønsket kjørefelt ved venstresvingefeltets introduksjon.
- Østgående kjøretøy har passert hovedkrysset. Det anses som fornuftig at inn-snevringen av total vegbredde utføres slik at rattkorreksjon mot venstre pålegges *dem*. På denne måten kan midtrekkverket løper rettlinjert og gi god optisk ledning i begge kjøreretninger.

Kjørefeltet for østgående trafikk føres derfor sammen med det vestgående kjørefeltet. Over kurven utvides østgående kjørebane til to kjørefelt, individuell feltbredde reduseres og skulderbredden halveres fra 1,5 til 0,75 meter. Geometriforslaget bruker minste tillatte horisontalkurveradius på 450 meter, med tilsvarende krav til nabokurve (N100, s. 47)

Vestre overgangsområde

Foreslått utforming av vestre overgangsområde er vist i Figur 5.1.22.



Figur 5.1.22: Overgangsområde – vestre del

Området karakteriseres gjennom følgende forhold:

1. Vestgående gjennomgangsfelt føres sammen med påkjøringsfeltet
2. Østgående trafikk opplever ingen endring ved kjøring gjennom overgangsområdet
3. Rekkverket langs påkjøringsfeltet og vestgående gjennomkjøringsfelt avsluttes

Utformingen beror på følgende betraktninger:

- Vestgående gjennomkjøringsfelt føres i venstrekurve for å «bygge ned» rekkverk- og skulderbreddene langs påkjøringsfeltet. I tillegg reduseres bredden til ytre vegskulder. Kjøreretningene føres sammen, og 2+1 vegen fortsetter som normalt.
- Venstrekurven anses som fornuftig for trafiksikkerheten. Et lite rattutslag mot venstre for gjennomgangstrafikk kan medføre at trafikanter i større grad retter blikket mot venstre og blir informert om trafikken som «mates inn» fra påkjøringsfeltet.
- Løsningen ivaretar trafiksikkerhet for trafikanter i påkjøringsfeltet. Trafikanter som befinner seg her bør ikke frarøves unødig oppmerksomhet til svingebevegelser. I tillegg kan rekkverket føres rettlinjet langs kjørebanelen. Hovedfokuset er å gjøre konvergensen med gjennomgangstrafikken tryggest mulig, særlig siden denne skjer fra venstre – i motsetning til konvensjonelle akselerasjonsfelt.

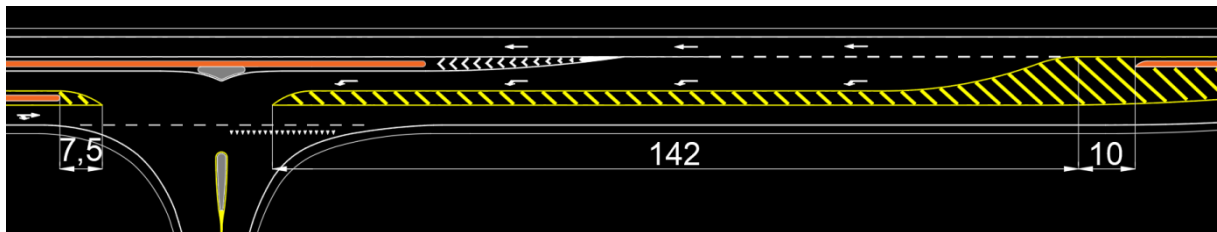
Geometriforslaget bruker minste tillatte horisontalkurveveradius på 450 meter, med tilsvarende krav til nabokurve (N100, s. 47).

8. Utforming av rekkverk som skiller kjøreretningene på hovedveg

V121 omtaler bruk av rekkverk i forbindelse med T-kryss. V121 stiller følgende krav:

- Åpningen i midtrekkverket utformes slik at den blir så liten som mulig. Dette reduserer mulighet for kjøring i feil kjøreretning.
- Åpningen må være stor nok til at dimensjonerende kjøretøy kan trafikkere alle bevegelser.
- Dersom midtrekkverk benyttes, må dette avsluttes slik at det ikke forringer sikten.

Rekkverket i modifisert T-kryss er anrettet som vist i Figur 5.1.23. Dette skiller seg således fra standardutformingen i Figur 5.1.24, hvor rekkverket har langt mindre åpning. Utformingen forsvarer av hensyn til manøvrerbarhet, sikt, og vinterdrift, og omtales separat i det følgende.



Figur 5.1.23: Foreslått «åpning» i midtrekkverk



Figur 5.1.24: Midtrekkverk gjennom kryss med malt kanalisering (V121, s. 44)

- **Manøvrerbarhet:** Rekkverket på vestsiden av hovedkrysset bygges ned 7,5 meter «for tidlig» for å sikre ekstra buffer for modulvogntog. Dette ivaretar god manøvrerbarhet for venstresvingende sidevegtrafikk.
- **Sikt:** For å tilfredsstille god sikt for venstresvingende kjøretøy fra sideveg, bygges rekkverket på østsiden ned 10 meter fra venstresvingefeltets begynnelse. For sidevegtrafikk gir dette lange siktlinjer til venstresvingende hovedvegtrafikk, slik at ledige luker enkelt kan identifiseres.

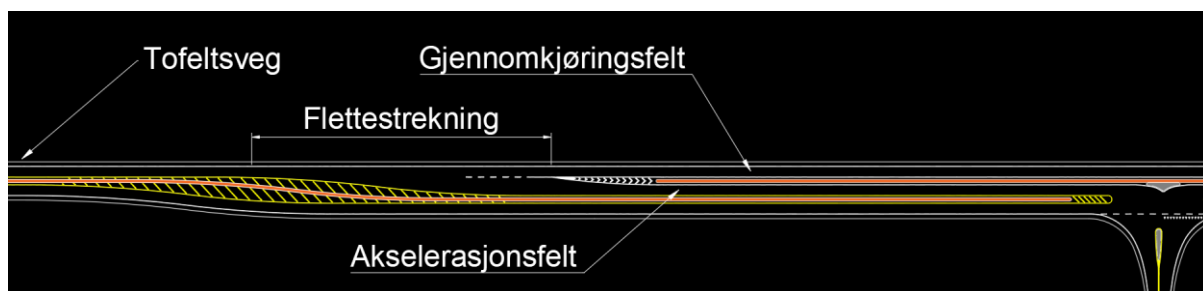
- **Vinterdrift:** For å lette vinterdriften, er det fordelaktig at sperreområdet langs venstresvingefeltet anlegges «overkjørbart» og uten rekkverk. Dette kan forhindre ansamling av snø i kryssområdet.

Løsningen kan være utfordrende av hensyn til kjøring i feil kjøreretning. Kjøremønsteret for de fleste bevegelser er riktignok tilnærmet likt vanlige T-kryss, og problemet anses dermed som relativt uproblematisk. Det kan likevel, avhengig av stedlige forhold, være fornuftig å forlenge rekkverket inn mot kryssområdet.

9. Alternativ løsning: Modifisert T-kryss på tofeltsveg

Modifisert T-kryss kan også være anvendbar på tofeltsveg. I slik konfigurasjon flettes akselerasjonsfeltet sammen med hovedvegen etter fullført fartsøkning for venstresvingende sidevegtrafikk. Dette krever vurdering knyttet til nødvendig lengde for å foreta fartsøkningen. Som ved bestemmelsen av rekkverkets lengde i «2+1»-konfigurasjonen, kan regnemodellen for akselerasjonsfelt i toplanskryss være retningsgivende for å etablere hensiktsmessige lengder for L1 og L2. Her fortsetter ikke påkjøringsfeltet, og L2 inngår som normalt, men forlenges for å sikre trygg fletting.

En overordnet skisse er vist i Figur 5.1.25, hvor fartsgrense på hovedvegen er satt til 80 km/t. Rekkverket er her ført i kurve langs sperreområdet.

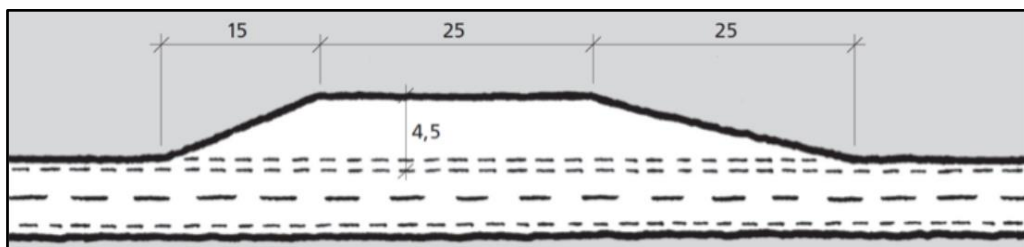


Figur 5.1.25: Prinsippskisse av modifisert T-kryss med fletteløsning

Prinsippet er også anvendbart på veier med lavere fartsgrense enn foreslått. I slike tilfeller kan det være aktuelt å bruke trafikkøy som kanaliseringsform. Behovet for fartsøkning, og dermed lange akselerasjonsfelt, reduseres ved lavere fartsgrenser, slik at krysset ikke nødvendigvis blir mer arealkrevende enn konvensjonelle T-kryss.

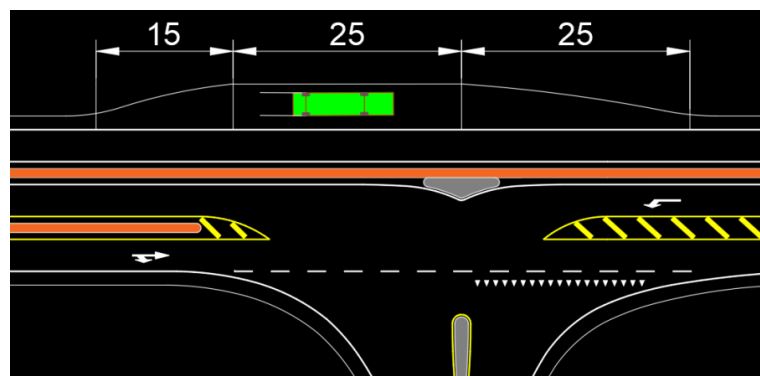
10. Alternativ løsning: Stopplomme for forenklet vinterdrift

Det er utarbeidet et alternativt forslag til modifisert T-kryss for å forenkle brøyteprosessen. Brøyteplanen krever tandemkjøring for å rydde vegbanen for snø på «2+1»-veg. Ettersom én av brøytebilene må brøyte venstresvingefeltet, noe av sidevegen, og påkjøringsfeltet, foreslås det å anlegge en stopplomme i nærheten av kryssområdet for den andre brøytebilene. Stopplommen vil gjøre det mulig for den andre brøytebilene å vente på den første, og dermed redusere koordineringsbehovet. N100 viser generell utforming av stopplomme, illustrert i Figur 5.1.26. Det stilles for øvrig ikke krav til hvor stopplommen skal anlegges.



Figur 5.1.26: Utforming av stopplomme (mål i meter) (N100, s. 144)

Det virker hensiktsmessig at stopplommen anlegges slik at ventende sjåførere har sikt til sidevegen. Dette kan forenkle koordinering for tandemkjøring. Stopplommen bør plasseres etter at venstresvingefeltet fra hovedveg har divergert, slik at den ikke forveksles som avkjørsel eller ekstra kjørefelt. Figur 5.1.27 viser en foreslått plassering av stopplommen.



Figur 5.1.27: Utforming av stopplomme i kryssområdet

Eksisterende stopplommer i nærhet til krysset også kan tjene samme formål. Avstanden mellom krysset og nærmeste stopplomme i vestgående retning bør derfor kartlegges i planleggingsfasen. Dersom løsningen brukes, trengs en grundig vurdering av konsekvensene stopplommen vil ha for kryssets trafikksikkerhet.

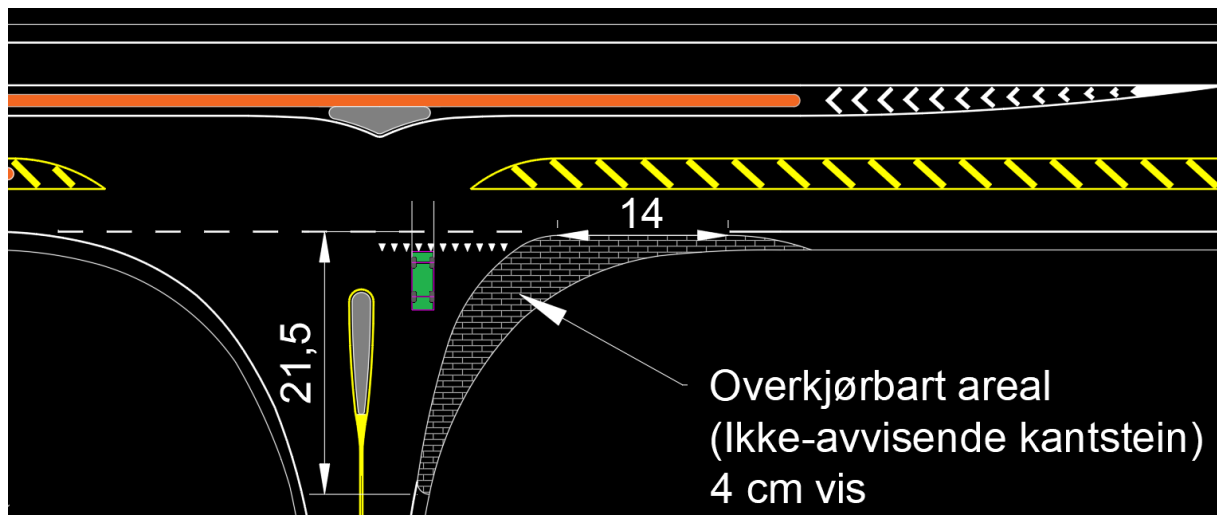
11. Alternativ løsning: Overkjørbart område på sidevegtilfart

Den foreslåtte utformingen av hovedkrysset medfører stor kjørefeltbredde på sidevegtilfarten for å tilfredsstille kjøremåte A for modulvogntog. Dette kan medføre problemer for mindre kjøretøy, ettersom geometrien muliggjør samtidig oppstilling av høyre- og venstresvingende personbiler. Dette bør unngås fra et sikkerhetsperspektiv, og det foreslås å anrette overkjørbart areal på tilfartens høyre side.

«NA-rundskriv 2015/14» gir krav til detaljutforming av overkjørbare arealer. Rundskrivet presiserer at «*overkjørbart areal skal utformes med ikke-avvisende kantstein med 4 cm vis. Helning på det overkjørbare arealet skal være 3-4 %.*». Det benyttes ikke kantlinje langs det overkjørbare arealet.

Det foreligger ikke konkrete krav, verken i rundskrivet eller i vegnormalene, til bruk av overkjørbare arealer i forbindelse med vegkryss tiltenkt slike høye dimensjoneringsklasser. Det bør derfor utredes om det er forsvarlig for gjennomgangstrafikken å etablere kantstein såpass nært kjøretøy i høy fart.

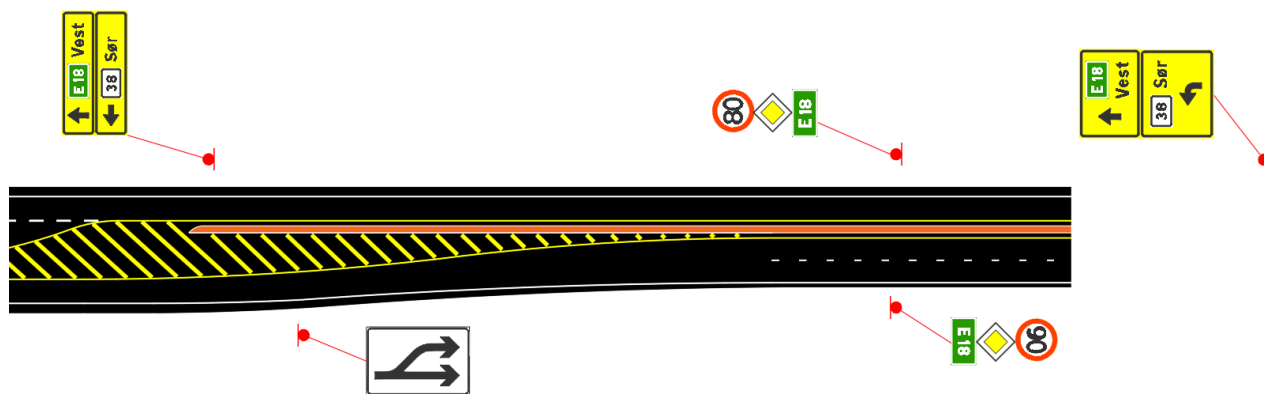
Et forslag for utforming av det aktuelle overkjørbare området er vist i Figur 5.1.28.



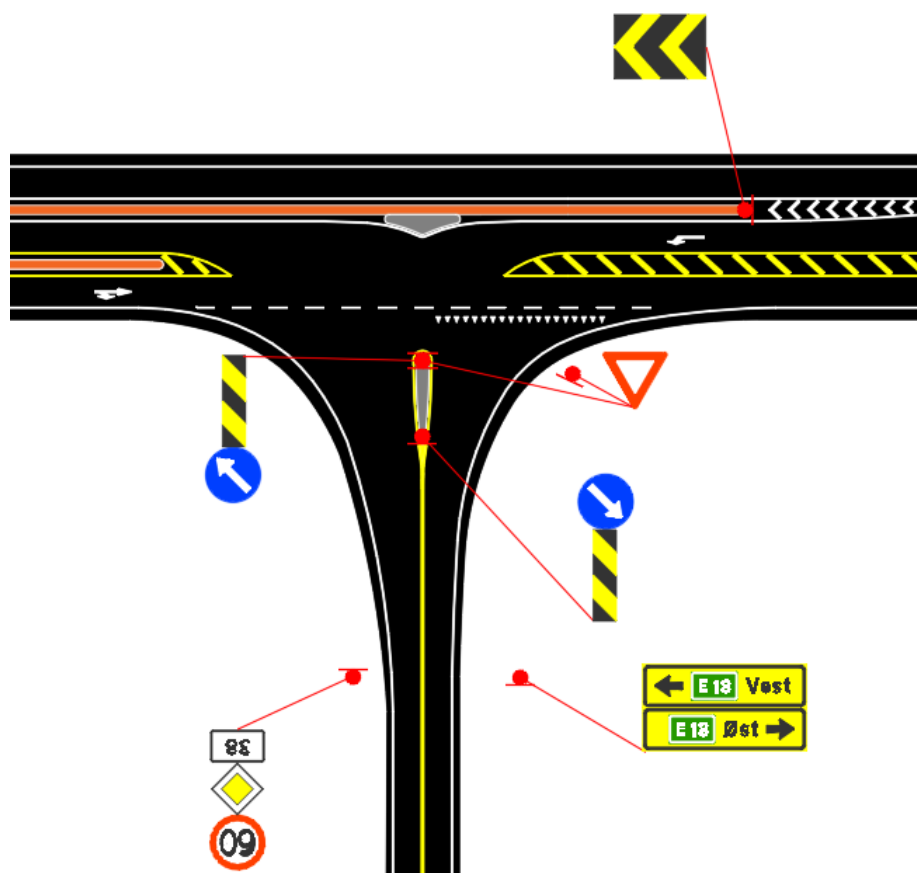
Figur 5.1.28: Foreslått bruk av overkjørbart areal på sidevegtilfart

5.2 Skiltplan

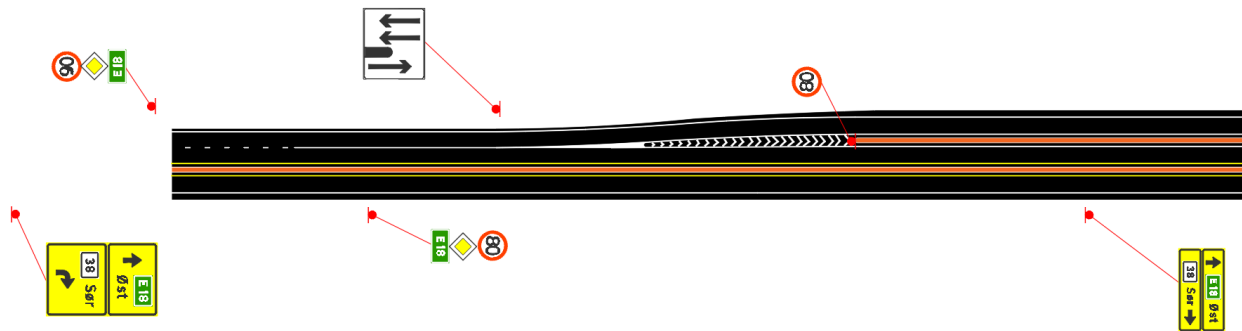
Et forslag til skiltplan for Modifisert T-kryss med bruk av standardskilt er illustrert i Figur 5.2.1 – 5.2.3. Deretter følger en gjennomgang av løsninger som kan kreve spesielle fravik eller ny utforming. En tabulert oversikt over standardskilt er å finne i Vedlegg C. Her følger også antall skilt av hver type, og merknader.



Figur 5.2.1: Skiltplan Modifisert T-kryss – øst



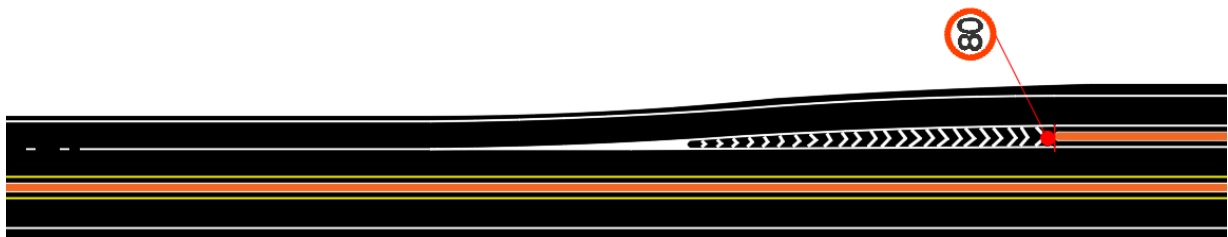
Figur 5.2.2: Skiltplan Modifisert T-kryss - kryssområde



Figur 5.2.3: Skiltplan Modifisert T-kryss - vest

Kommentarer til skiltplanen

Krysset lar seg skilte med standardskilt. Det foreligger riktignok ett forhold som krever diskusjon. For påkjøringsfeltet foreligger det ingen åpenbar plass å skilte fartsgrensen på vegen. Plasser-ingen som er valgt i den foreslåtte skiltplanen, er punktet rekkverket avsluttes og sperre-området begynner, illustrert i Figur 5.2.4. Denne utformingen ikke er tillatt i henhold til N300. I tillegg er det tenkelig at løsningen kan forringe siktforholdene ved sammenkoblingen av kjørefeltene. Motargumentet er at kjørefeltene føres parallelt over såpass lang avstand at kjøretøyene har med høy sannsynlighet fått øye på hverandre, og avpasset farten slik at skilt-stolpen vil være lite til hinder. Ei heller vil stolpen medføre særlig større skadepotensiale ved påkjørsel av rekkverket.



Figur 5.2.4: Forslag til plassering av fartsskilt for påkjøringsfeltet

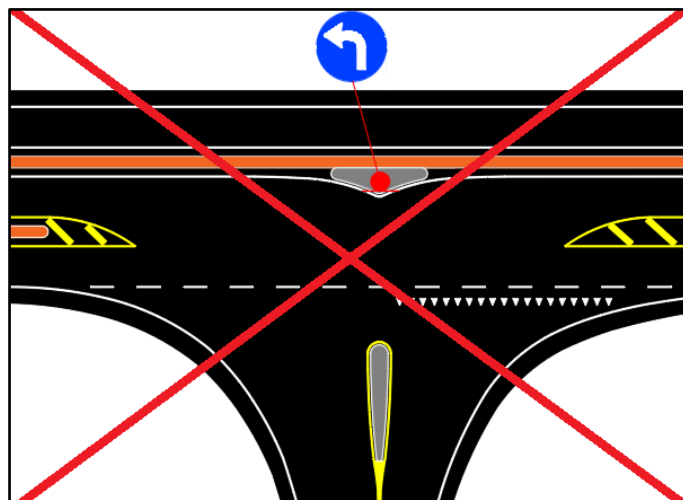
Alternative løsningsforslag

Her betraktes alternative forslag knyttet til skilting. Fordeler og ulemper drøftes, og det forklares hvorfor løsningen er valgt bort i den foreslåtte skiltplanen. Diskusjonen knytter seg til to tema:

1. Bruk av «Påbudt kjøreretning» i hovedkrysset
2. Vurdering av spesialskilt for vegvisning i krysset

1. Bruk av «Påbudt kjøreretning» i hovedkrysset

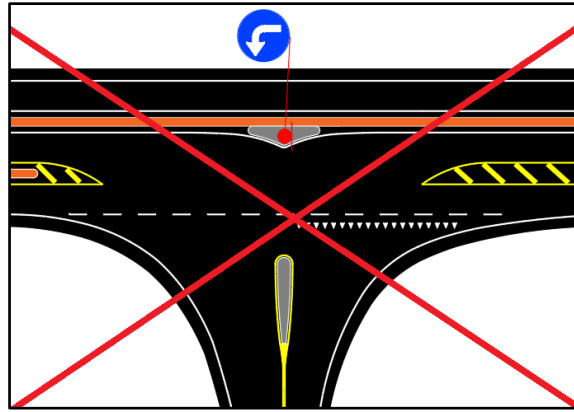
Det ble lenge vurdert en løsning for å informere trafikanter på sideveg om at høyresving inn på venstresvingefeltet ikke er lov. En mulig løsning med bruk av skilt 402.5 *Påbudt kjøreretning (venstre)*, er illustrert i Figur 5.2.5. Skiltet kan heller ikke brukes i henhold til kravene. Det spesifiseres at «skiltet angir at kjørende skal forlate vegkrysset i den retning som er angitt på skiltet» (N300, del 3 s. 94). Brukt her vil skiltet være misvisende, siden skiltet innebærer at høyresving inn på hovedveg ikke tillates. Forslaget forkastes.



Figur 5.2.5: Påbudt venstresving fra sideveg

Det kan også vurderes å sette opp tilsvarende skilt for venstresvingende hovedvegtrafikk. Dette er vist i Figur 5.2.6. Her vil bruken være i tråd med ovennevnte krav som stilles i skiltnormalen. Løsningen forkastes riktignok i det foreslåtte skiltforslaget, grunnet to forhold:

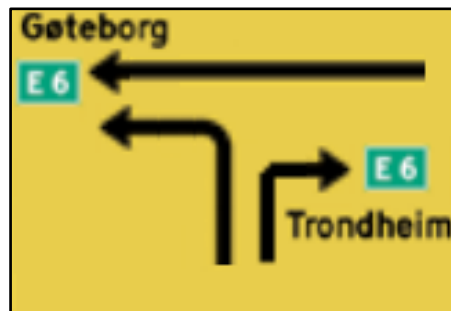
1. Det anlegges symboloppmerking i vegbanen langs venstresvingefeltet, som indikerer venstresvingepåbud.
2. Trafikkøya indikerer gjennom sin linjeføring at venstresving er både riktig og naturlig.



Figur 5.2.6: Påbudt venstresving fra hovedveg

2. Vurdering av spesialsilt for vegvisning i krysset

Det bør vurderes om det skal utvikles skilt som informerer trafikanter på sideveg om at påkjøringsfeltet for venstresving løper parallelt med hovedvegen. Dette kan gjøres enten som «forvarselskilt», «vegvisningsskilt i krysset», eller begge deler. I den vedlagte skiltplanen er det besluttet å anlegge disse skiltene på sideveg identisk som for et tradisjonelt T-kryss. En alternativ løsning til vegvisningsskilt er skissert i Figur 5.2.7, og tar sikte på å formidle at akselerasjonsfeltet fortsetter parallelt med hovedvegen etter venstresvingen. Bruk av nye skilt må riktignok vurderes nøye, og krever grundig utredning.



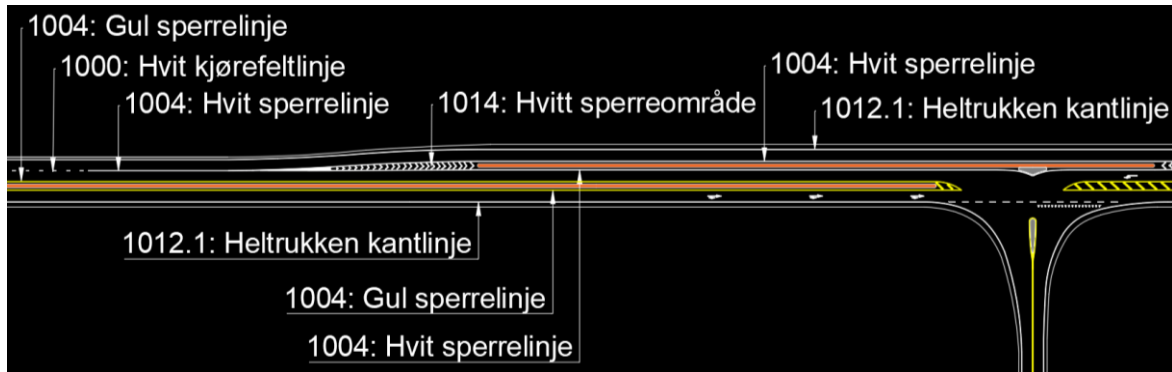
Figur 5.2.7: Alternativt forvarselskilt

Konklusjon

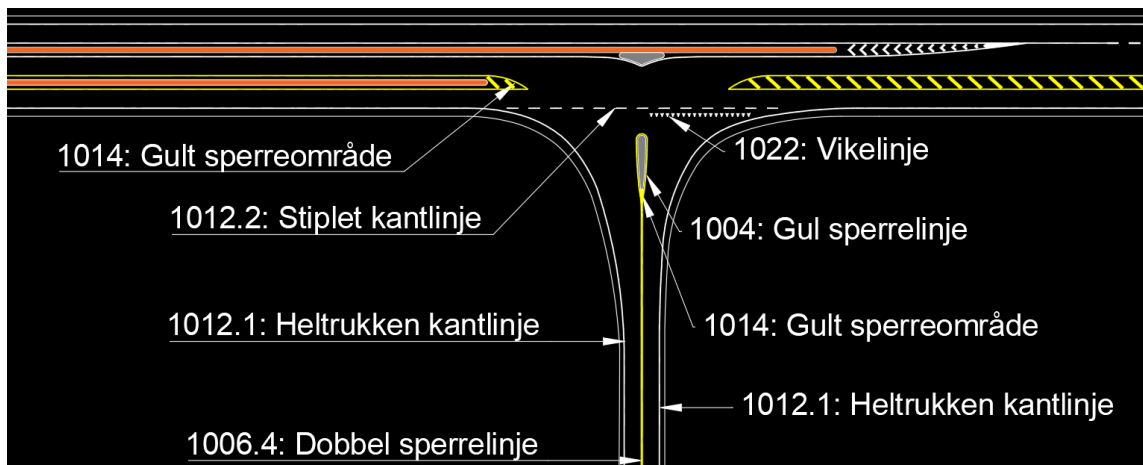
Det er mulig å skilte det modifiserte T-krysset med vanlige vegskilt fra N300, slik at trafikanter informeres på en tilfredsstillende måte. Samtidig kan det være aktuelt å implementere særskilte vegvisningsskilt som illustrerer at påkjøringsfeltet fortsetter parallelt med gjennomkjøringsfeltet. Det knyttes også usikkerhet vedrørende plassering av fartsskilt for trafikk i påkjøringsfeltet.

5.3 Oppmerkingsplan

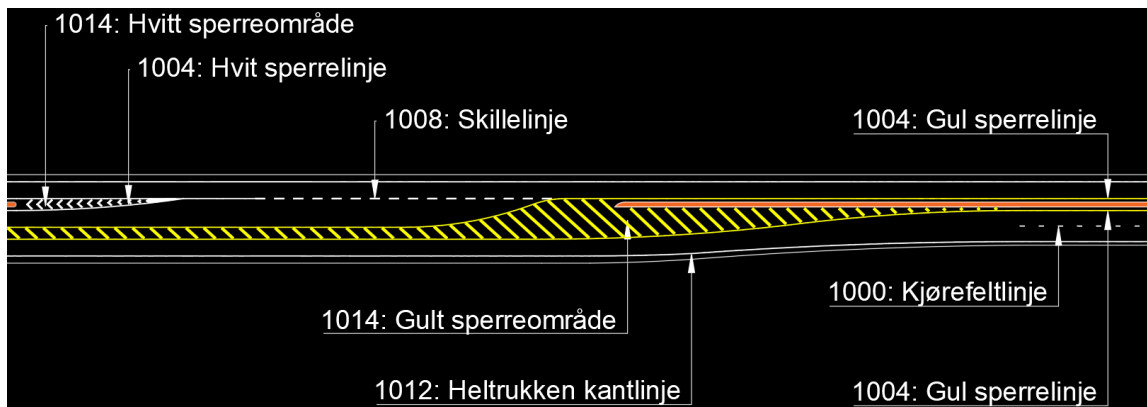
Et forslag til oppmerkingsplan for Modifisert T-kryss er illustrert i Figur 5.3.1 - 5.3.3. Oppmerkingen er gjort etter Tabell 3.2.5, og ytterligere detaljert i Vedlegg D.



Figur 5.3.1: Oppmerking av vestre kryssområde



Figur 5.3.2: Oppmerking av hovedkryss



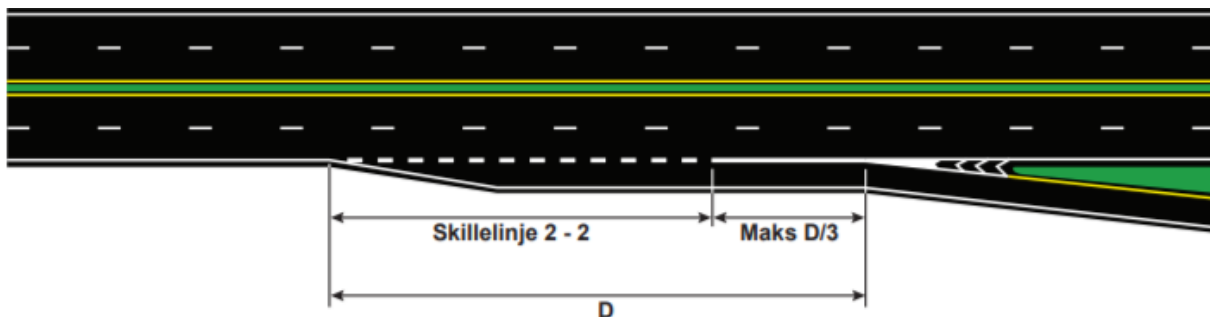
Figur 5.3.3: Oppmerking av østre kryssområde

Følgende elementer i modifisert T-kryss krever særskilt vurdering:

1. Oppmerking som skiller gjennomgangstrafikk og venstresvingefelt
2. Gult sperreområde for kanalisering av venstresvingefeltet
3. Oppmerking av området der akselerasjonsfelt og gjennomkjøringsfelt føres sammen
4. Oppmerking av sidevegen i tilknytning til hovedkrysset
5. Symboloppmerking i vegbanen

1. Oppmerking som skiller gjennomgangstrafikk og venstresvingefelt

Oppmerkingen som skiller gjennomgangstrafikk og venstresvingefelt dekkes ikke av håndbok N302. Grunnen er at midtrekkverket, som skiller kjørefeltene for venstresving og gjennomgangstrafikk, ikke er en tradisjonell løsning i henhold til norske vegnormaler. Det er viktig at oppmerkingen understreker at venstresvingefeltet ikke oppfattes som forbikjøringsfelt, samtidig som det varsler at midtrekkverket introduseres. Det virker derfor fornuftig at oppmerkingen burde utføres tilsvarende som for retardasjonsfelt med påfølgende hindring der kjørefeltene divergerer. Oppmerking av retardasjonsfelt som vist i Figur 5.3.4, kan være en aktuell løsning å vurdere i dette tilfellet.

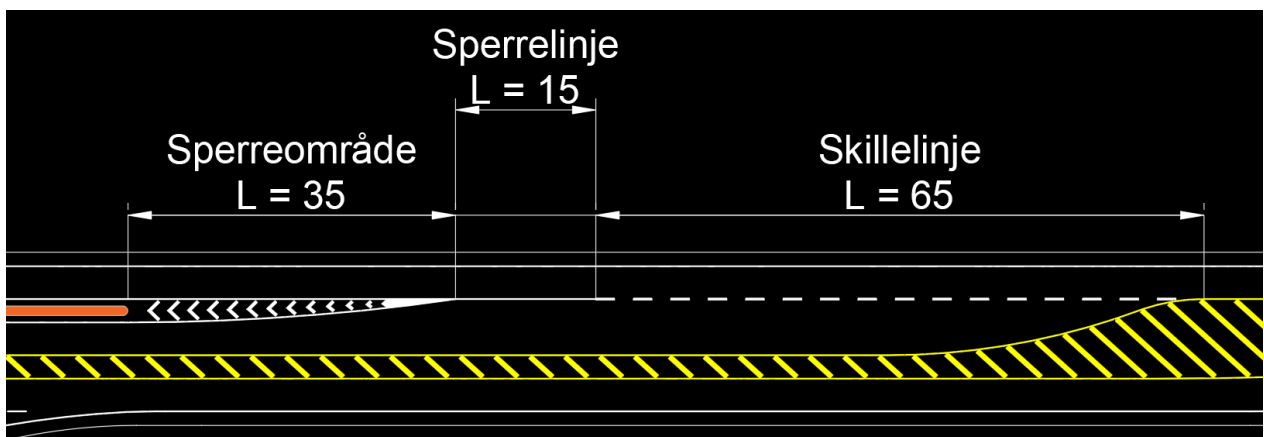


Figur 5.3.4: Oppmerking av retardasjonsfelt (N302, s.59)

Dersom oppdelingen av gjennomkjøringsfeltet og venstresvingefeltet oppmerkes slik, vil trafikantene få følgende informasjon:

1. Skillelinjen ved venstresvingefeltets begynnelse understreker at feltet skal benyttes til oppbremsing og ikke til forbikjøring
2. Sperrelinjen gir visuell informasjon om at feltbytte må skje tidsnok
3. Hvitt sperreområde indikerer en hindring i vegbanen som kan passeres på begge sider

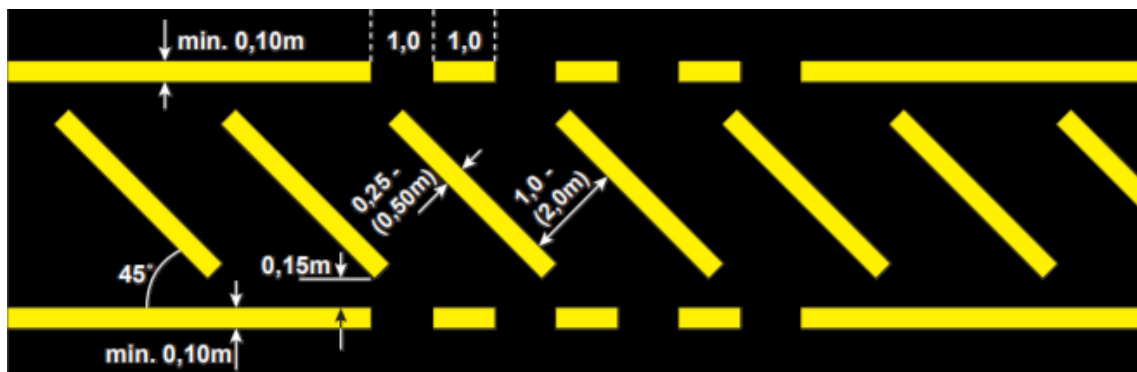
Midtrekkverket kan utgjøre en fare for trafikksikkerheten ved direkte påkjørsel. Det foreslås derfor å anlegge sperreområde i forkant av hindringen. Lengden på sperreområdet er i oppmerkjingsforslaget satt til 35 meter, som anses som tilstrekkelig forvarsling. Oppstrøms skilles kjørefeltene ved hjelp av hvit sperrelinje. Det framkommer av Figur 5.3.4 at sperrelinjens lengde ikke bør overskride mer enn $D/3$, hvor avstanden D er lengden mellom sperreområdet og retardasjonsfeltets begynnelse. Avstanden, D , er i dette tilfellet 80 meter, og det forslås at sperrelinjens gjøres 15 meter lang. Dette er innfor kravet. Den resterende lengden på 65 meter oppmerkes som skillelinje med 2 meter strek og 2 meter åpning. Oppmerkingen er illustrert i Figur 5.3.5.



Figur 5.3.5: Oppmerking mellom gjennomkjørings- og venstresvingefelt

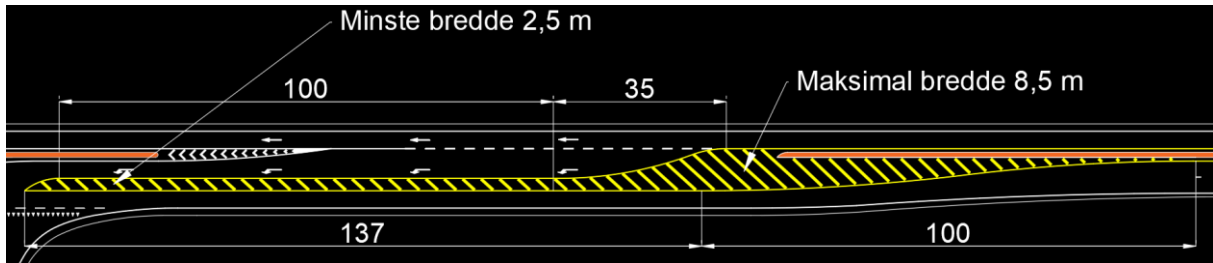
2. Gult sperreområde for kanalisering av venstresvingefeltet

Krysset kanaliseres ved hjelp av oppmerking. Arealet oppmerkes som gult sperreområde etter krav fra N302 (s.23). føringer for hvordan sperreområdet skal oppmerkes framkommer i Figur 5.3.6. Målene i parentes gjelder for fartsgrense ≥ 80 km/t, som er tilfelle her.



Figur 5.3.6: Utforming av sperreområde (N302, s. 23)

Ettersom krysset har fartsgrense 80 km/t, vil skrå tverrgående streker i sperreområdet ha 0,5 meter strek og 2 meter åpning. Sperreområdet strekker seg fra hovedkrysset i vest, til punktet der feltutvidelsen har nådd full bredde i øst. Utforming og oppmerking av sperreområdet i østre kryssområdet er vist i Figur 5.3.7.



Figur 5.3.7: Oppmerking av stort sperreområde i Modifisert T-kryss

3. Oppmerking av sidevegen i tilknytning til hovedkrysset

Oppmerkingen av sidevegen krever en vurdering av følgende spesifikke forhold:

1. Trafikkøya på sideveg
2. Dobbel sperrelinje på sideveg i forkant av hovedkrysset
3. Vikelinjens plassering

3.1 Sperreområde på sideveg

I forkant av trafikkøya anlegges et sperreområde for å understreke at det kommer et element i vegbanen. Håndboken presiserer at: «store sperreområder bør fylles fra begynnelsespunktet fram til det snittet hvor avstanden mellom begrensningsslinjene er ca. 1 m (...) Er sperreområdet for lite (...), skal hele sperreområdet fylles» (N302, s.23). På grunn av trafikkøyens smale utforming, fylles hele sperreområdet med gul farge.

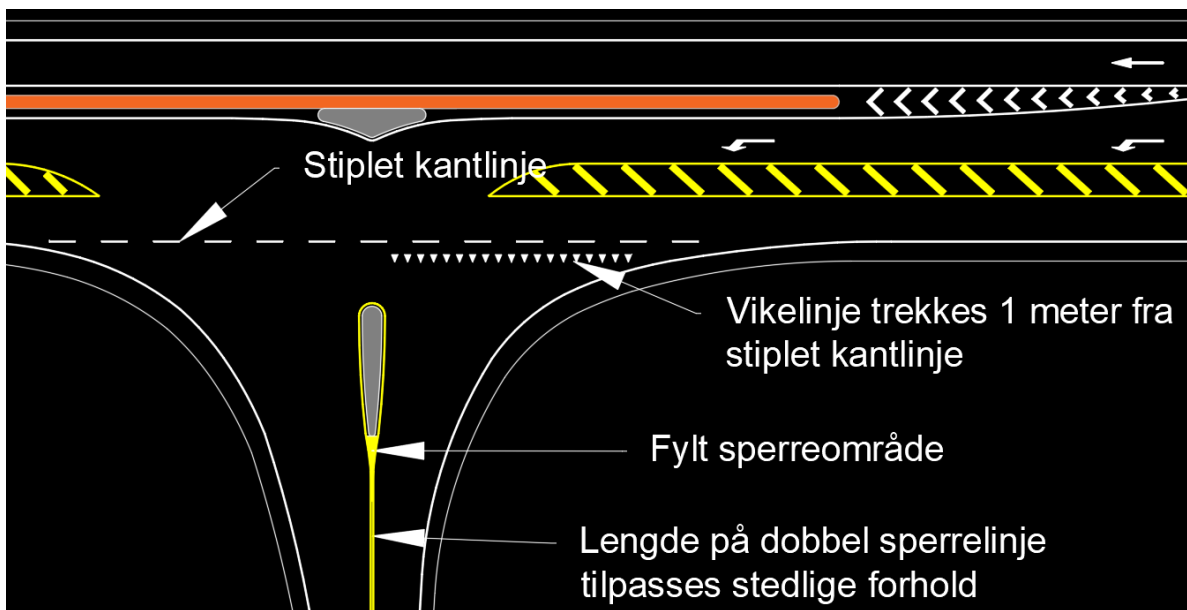
3.2 Dobbel sperrelinje på sideveg i forkant av hovedkrysset

Det brukes 1006.4 dobbel sperrelinje på sidevegen i forkant av hovedkrysset. Det bør vurderes etter stedlige forhold hvor langt «bakover» dobbel sperrelinje skal trekkes på sideveg.

3.3 Vikelinjens plassering

Vikelinjen plasseres 1 meter «før» stiplet kantlinje i hovedkrysset, sett fra sidevegen. Dette er gjort som følge av kravet om at «vikelinjen skal legges ca. 1 m foran stiplet kantlinje på forkjørsregulert veg, og parallelt med denne.» (N302, s. 53). Dette medfører riktignok at tilfarten på sidevegen blir svært bredt og innehar mye «tomt» areal. Det kan vurderes om vikelinjen kan trekkes nærmere trafikkøya.

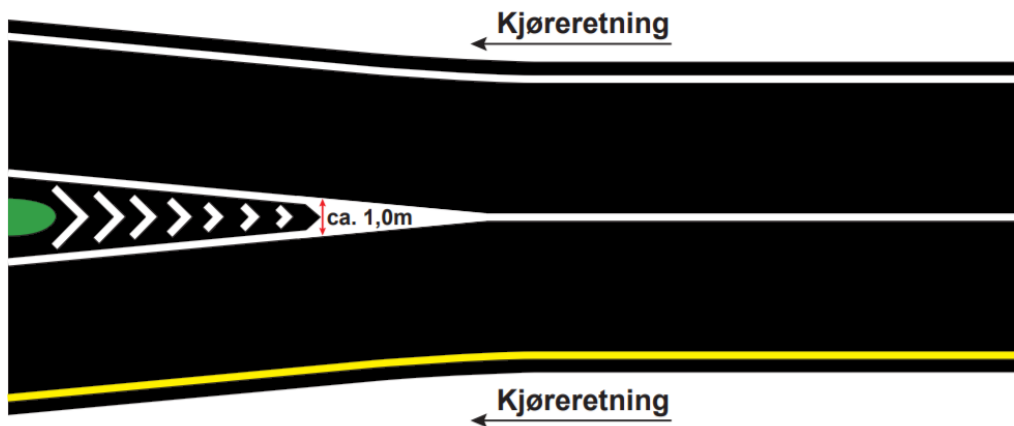
Figur 5.3.8 gir en oversikt over oppmerkingen på sidevegen i hovedkrysset.



Figur 5.3.8: Utforming av oppmerking på sideveg i tilknytning til hovedkrysset

4. Oppmerking av området der akselerasjonsfelt og gjennomkjøringsfelt føres sammen

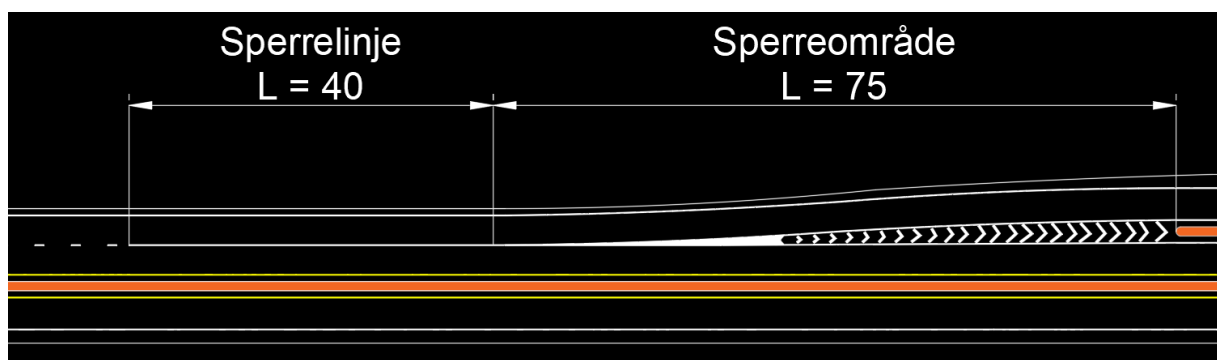
Oppmerkingen av sammenføyingen mellom akselerasjonsfeltet og gjennomkjøringsfeltet skal bistå trafikantene til å foreta riktige avgjørelser og forhindre tidlig feltbytte. Det anses som fornuftig å benytte prinsippet for oppmerking av sperreområde der trafikk i samme kjøreretning passerer på hver side av en hindring (midtrettverket). Prinsippet for slik oppmerking er vist i Figur 5.3.9, men den aktuelle situasjonen har kjøring i «motsatt» retning. Vinklene i sperreområdet snus derfor motsatt vei.



Figur 5.3.9: Utforming av sperreområde mellom trafikk i samme kjøreretning (N302, s.23)

Vestgående gjennomkjøringsfelt legges i kurve for å innsnevre bredden som midtrekkverket utgjør oppstrøms. Der rekkverket avsluttes, anlegges det sperreområde frem til punktet der kjørefeltene parallellføres. Lengden på sperreområdet bestemmes dermed av kurvaturen, og for den foreslåtte geometrien blir sperreområdet ca. 75 meter langt. Der sperreområdet avsluttes fortsetter oppmerkingen med 1004 hvit sperrelinje. Vedrørende feltaddisjon stadfester håndboka at: «sperrelinjens lengde tilpasses den geometriske utformingen, (...) men bør ikke være over 50 m» (N302, s.63). For å sikre at kjøretøy i de to kjørefeltene blir oppmerksomme på hverandre, foreslås det at lengden til sperrelinjen settes til 40 meter. Lengden tilfredsstillers kravet, samtidig som den forhindrer tidlige feltbytter. Etter sperrelinjen avsluttes, skilles kjørefeltene med 1000 kjørefeltlinje.

Dimensjoner og oppmerking av området er vist i Figur 5.3.10.



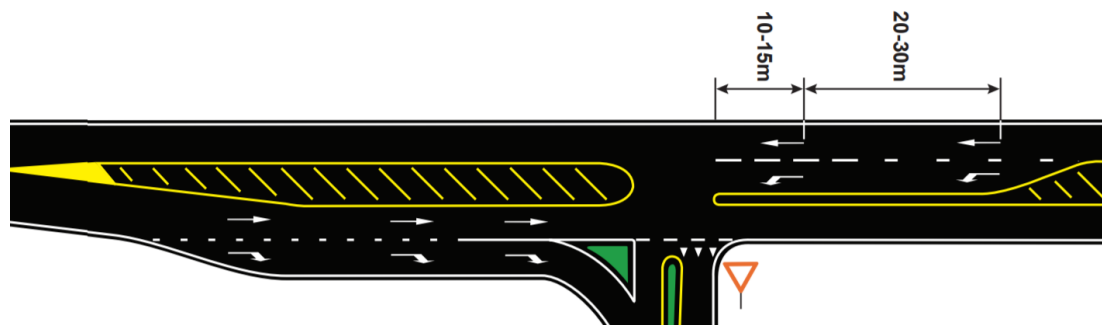
Figur 5.3.10: Oppmerking av sperreområde ved rekkverkets slutt

5. Symboloppmerking i vegbanen

Følgende symboloppmerking anses som nødvendig i kryssområdet:

1. Symboloppmerking av vestgående gjennomkjøringsfelt og venstresvingefelt
2. Symboloppmerking for østgående hovedretning.

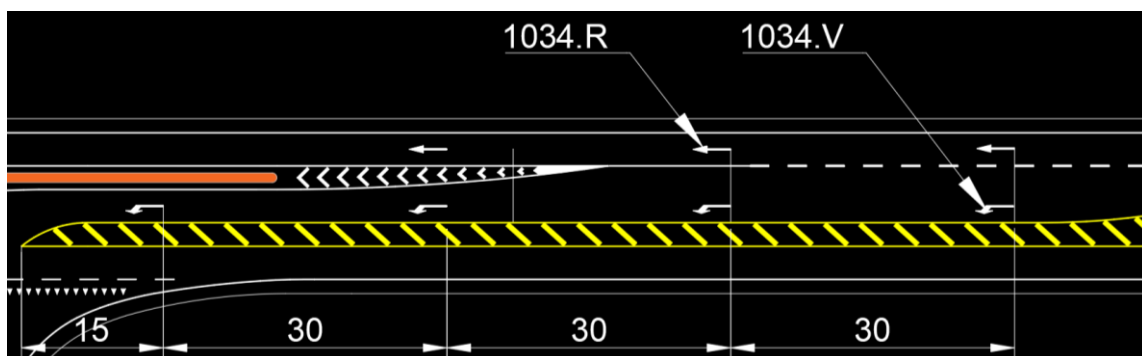
Oppmerkingen utføres i samsvar med oppmerkingsnormalen. Retningspilen nærmest krysset skal ligge mellom 10 - 15 meter fra kryssområdet, og resterende piler anrettes med innbyrdes avstand 20 - 30 meter, som vist i Figur 5.3.11.



Figur 5.3.11: Symboloppmerking i kryss med fartsgrense ≥ 60 km/t (N302, s. 52)

5.1 Symboloppmerking av vestgående gjennomkjøringsfelt og venstresvingefelt

Det er hensiktsmessig at både gjennomkjøringsfeltet og venstresvingefeltet har retningspiler i vegbanen. Venstresvingefeltets lengde tilsier at det legges 4 retningspiler her, mens det legges 3 piler i gjennomkjøringsfeltet. De tre første pilene anrettes sammenfallende i lengderetningen med 30 meters intervaller. I tillegg har venstresvingefeltet en fjerde retningspil som legges 15 meter før hovedkrysset. Venstresvingefeltet oppmerkes med 1034.V, og gjennomkjøringsfeltet med 1034.R. En oversikt over den aktuelle symboloppmerkingen er vist i Figur 5.3.12.

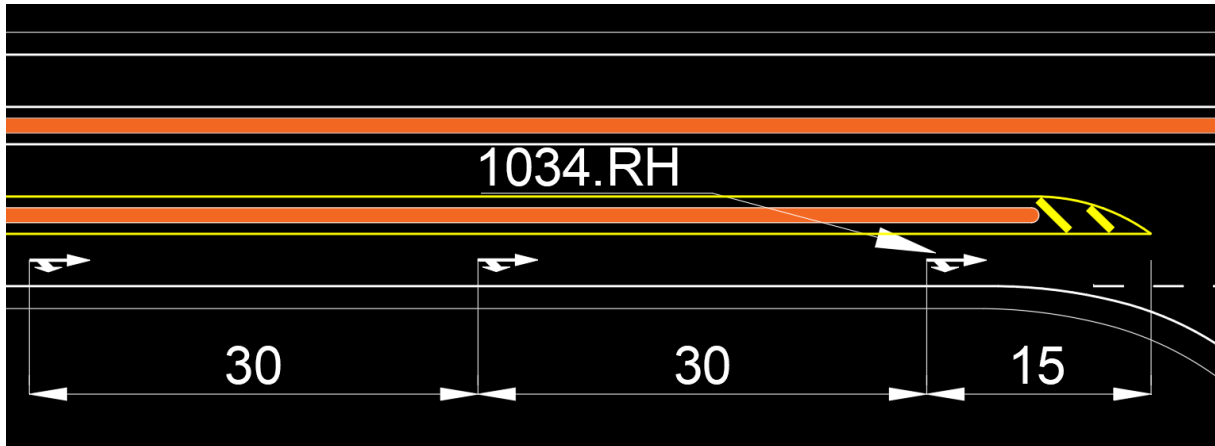


Figur 5.3.12: Symboloppmerking av venstresvingefelt og gjennomkjøringsfelt

5.2 Symboloppmerking av østgående hovedretning

Ettersom det ikke er anlagt høyresvingfelt for østgående hovedretning, vurderes det som nødvendig å supplere vegvisningsskiltene med oppmerkede retningspiler (1034.RH) i vegen. Igjen er Figur 5.3.11 retningsgivende, hvor avstanden mellom krysset og første oppstrøms settes til 15 meter. Deretter anlegges to retningspiler med 30 meters mellomrom.

Symbolopp-merking av østgående hovedretning er vist i Figur 5.3.13.



Figur 5.3.13: Symboloppmerking av østgående hovedretning

5.4 Brøyteplan

Fra et vinterdriftsperspektiv har Modifisert T-kryss følgende egenskaper:

- Midtrekkverket som skiller påkjøringsfelt fra gjennomkjøringsfeltet kan skape problemer for brøytemannskap, grunnet manglende areal til snølagring
- «2+1 veg» på hver side av krysset krever tandembrøyting i begge retninger
- Venstresvingefeltet må være bredt for å gjøre plass til midtrekkverket (6 meter kjørefeltbredde). Dette kan skape utfordringer for brøyting i henhold til kravene

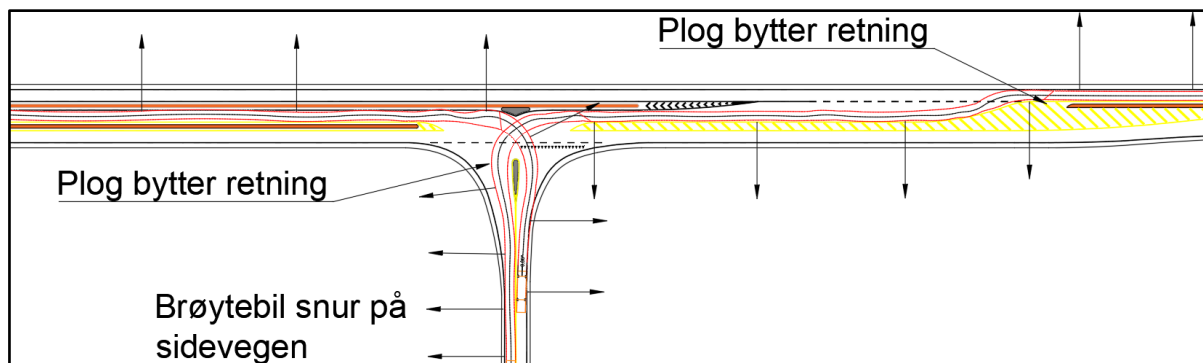
Utarbeidelse av brøyteplaner

Den foreslåtte brøyteplanen avhenger av at hovedvegen brøytes i tandem, i tråd med krav for trefeltsveger. Brøyteplanen avhenger av at det finnes mulighet for å snu på sidevegen.

Brøyting i vestgående retning – Bil 1

Brøytebil 1 ankommer krysset fra øst med opprinnelig plogstilling mot høyre. Kjøretøyet foretar avsving inn i venstresvingefeltet, og endrer plogstilling til venstre slik at snø ansamles på sperreområdet. Kjøretøyet foretar venstresving, og plogstillingen endres tilbake til høyre ved innkjøring på sideveg. Dette bygger opp mindre ranke i svingen enn ved å endre plogstilling før avsving. Kjøretøyet foretar U-sving langs sidevegen ved første anledning.

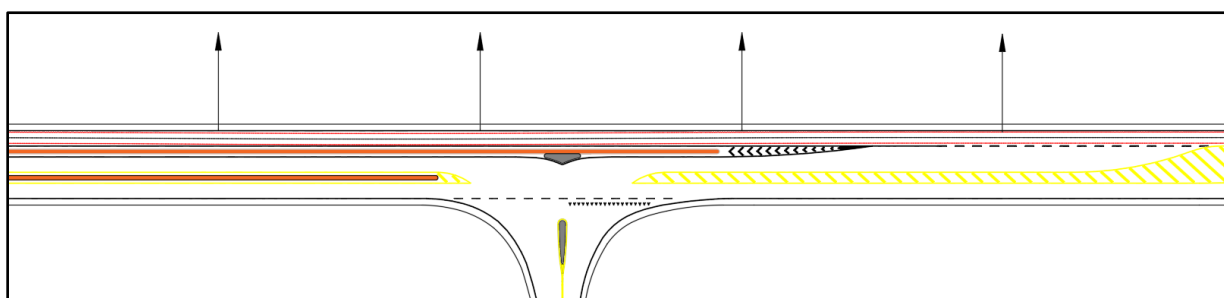
Kjøretøyet returnerer til hovedkrysset, med plogstilling mot høyre. Venstresving foretas inn på akselerasjonsfeltet, og snø deponeres langs rekkverket på høyre hånd. Kjøretøyet fortsetter mot vest i venstre kjørefelt (forbikjøringsfeltet), og legger snøen klar til brøytebil 2 som kommer bak. Ruten til brøytebil 1 er vist i Figur 5.4.1.



Figur 5.4.1: Brøytebil 1 – vestgående

Brøyting i vestgående retning – Bil 2

Brøytebil 2 kjører vestover i gjennomkjøringsfeltet med plogstilling konsekvent mot høyre, som vist i Figur 5.4.2. Etter at rekkverket er passert, brøyter kjøretøyet med seg snøen deponert i venstre kjørefelt (forbikjørefeltet) av brøytebil 1. Bilene fortsetter i tandem langs hovedvegen.

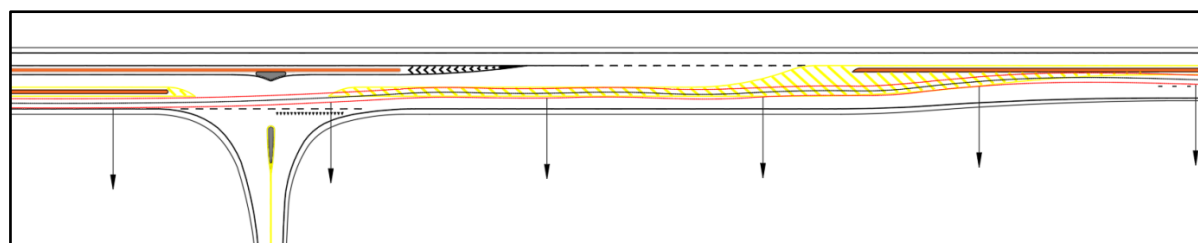


Figur 5.4.2: Brøytebil 2 - vestgående

Brøytebilene snur deretter i et kryss vest for det aktuelle modifiserte T-krysset, og fullfører roden ved å brøyte i østgående retning.

Brøyting i østgående retning – Bil 1

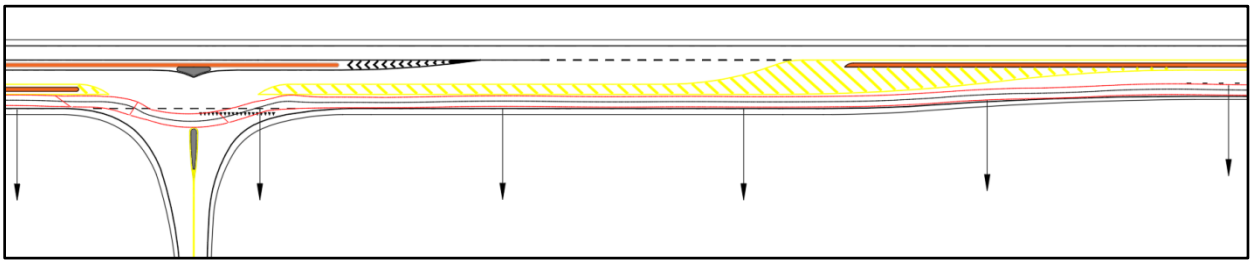
Brøytebil 1 kjører østover langs hovedvegen, med plogstilling konsekvent mot høyre. Etter passering av hovedkrysset, legger kjøretøyet seg over på sperreområdet (med lav hastighet). Kjøretøyet «flytter» dermed snøen som ble deponert i sperreområdet tidligere. Snøen legges i østgående kjørefelt slik at den kan brøytes videre ut av vegbanen av brøytebil 2 som kommer bak. I området der sperrefeltet avsluttes og kjørebanelen utvides, fortsetter brøytebil 1 i venstre felt (forbikjøringsfeltet) på veg østover, vist i Figur 5.4.3.



Figur 5.4.3: Brøytebil 1 - østgående

Brøyting i østgående retning – Bil 2

Brøytebil 2 kjører østover langs hovedvegen, bak brøytebil 1. Inn mot krysset «brekker» brøytebil 2 (med lav hastighet) til høyre mot trafikkøyen på sideveg, og tar med seg resterende snømengder som ikke ble brøytet bort av bil 1. Videre fortsetter bilen østover, og fjerner snømengdene som brøytebil 1 avsatte fra sperreområdet. Ved utvidelsen til to kjørefelt østover, legger brøytebil 2 seg i høyre kjørefelt og kjører i tandem med bil 1. Ruten er vist i Figur 5.4.4.



Figur 5.4.4: Brøytebil 2 – østgående

Presisering av brøytesekvens

Det foreslås at brøytingen av dette krysset skjer etter følgende sekvens:

1. Brøytebil 1 brøyter venstresvingefeltet, og brøytebil 2 brøyter gjennomkjøringsfeltet (Ø-V). Tidsdifferansen mellom brøytebil 1 og 2 avhenger av muligheten for å snu langs sidevegen. Bilene fortsetter i tandem etter utvidelsen til to kjørefelt.
2. Brøytebil 1 og 2 kjører sammen gjennom krysset i retning V-Ø.

Ved å følge denne sekvensen forhindres etableringen av snøkanter (ranker) i vegbanen. Ved god koordinering kan brøyting utføres på en trygg og kostnadseffektiv måte.

Kommentarer til brøyteplanen

- Brøyteplanen er like ressurskrevende som brøyting av øvrig vegstrekning.
- Førsteamanuensis Alex Klein-Paste påpeker at snølagringsarealet langs midtrekkverket er noe smalt. Dette kan løses ved bruk av bredere skulder. Slik økes snølagringskapasiteten.
- Brøyteplanen tar ikke hensyn til venstresvingefeltets bredde (6 meter). Dersom sperreområdet mellom venstresvingefeltet og gjennomkjøringsfeltet forlenges, kan brøyting utføres «fra kantlinje til kantlinje» uten problem. Med foreslått geometri må brøyting av venstresvingefeltet sannsynligvis gjøres i to omganger. Dette kan gjøres ved at brøytemannskap veksler mellom å brøyte øvre og nedre del av feltet.
- Sidevegtilfarten er meget bred, for å muliggjøre gjennomkjøring for modulvogntog. Det bør kartlegges hvorvidt dette området kan brøytes med kun én gjennomkjøring. Det er utarbeidet et alternativt løsningsforslag som benytter kantstein på høyre hånd. Dersom dette gjøres, er det viktig at god innspenning sikres for kantsteinen, slik at den ikke slås løs av ploget.
- Det kan være hensiktsmessig å anrette en stopplomme langs vestgående gjennomkjøringsfelt. Dersom dette gjøres, kan brøytebil 2 vente på brøytebil 1 uten videre koordineringsbehov. Utformingsforslag er vist og kommentert i kapittel 5.1.

5.5 Trafikkavvikling og miljøpåvirkning

Modifisert T-kryss er i prinsippet et kanalisert T-kryss med et ekstra akselerasjonsfelt for å betjene venstresvingende sidevegstrafikk. Dette ekstra feltet fører til at venstresving fra sidevegen kan betjenes uavhengig av vestgående gjennomgangstrafikk. Utredningen forsøker dermed å poengtere forskjellene mellom disse to løsningene.

Bygging av alternativ kryssmodell – Modifisert T-kryss

Modellen for modifisert T-kryss vises i Figur 5.5.1, og er bygget etter følgende betraktninger:

Geometri

- Utforming i henhold til kapittel 5.1, med vekslende «2+1» veg
- Sidevegens lengde er satt til ca. 145 meter
- Hovedvegens totale lengde er satt til ca. 600 meter

Kryssnode og reguleringsform

- Mulighet for kjøring mellom venstresvingefelt og akselerasjonsfelt er fjernet
- Venstresvingende kjøretøy fra hovedvegen har vikeplikt for motgående trafikk
- Tilfarten på sidevegen har vikeplikt for trafikken på hovedvegen. Dette gjøres ved å omstrukturere prioritetshierarkiet i fanen for vikeplikt i kryssnoden.

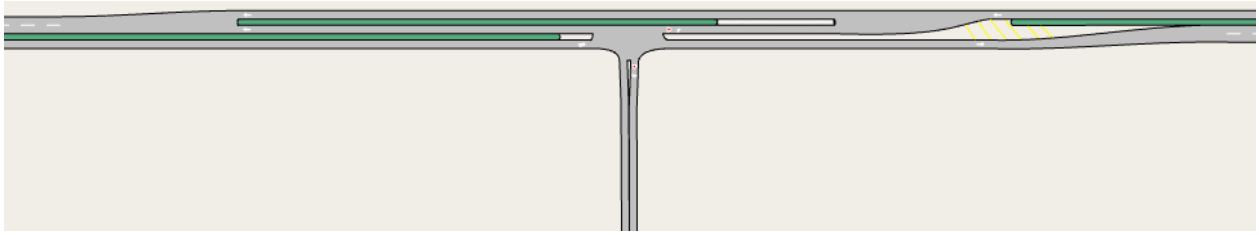
Hastigheter på lenkene

Tabell 5.5.1: Oversikt over fartsnivåene i krysset

Veglenke	Maksimal hastighet [km/t]
Hovedveg (og påkjøringsfelt)	80
Sideveg	60
Venstresvingefelt på hovedveg	50

Det anrettes følgende sentroider i alle kryssmodellene: *nord*, *sør*, *øst* og *vest*.

- Sentroide *Sør*: Anlegges nedenfor sideveg
- Sentroide *Øst*: Anlegges til høyre for hovedvegen
- Sentroide *Vest*: Anlegges til venstre for hovedvegen



Figur 5.5.1: Modell av modifisert T-kryss i Aimsun

Det er etablert to forskjellige versjoner av kanalisert T-kryss som analyseres i Aimsun

- Kanalisert T-kryss (enkelt kjørefelt på sidevegens tilfart)
- Kanalisert T-kryss med separat høyresvingefelt på sideveg

Bygging av konvensjonell kryssmodell – Kanalisert T-kryss

Modellen for kanalisert T-kryss vises i Figur 5.5.2, og er bygget etter følgende betraktninger:

Geometri

- Utforming er tilnærmet lik modifisert T-kryss (med vekslende «2+1» veg)
- Gjennomkjørings- og venstresvingefelt på hovedvegen føres parallelt uten delende rekkverk
- Sideveg og hovedveg har tilsvarende lengder som for modifisert T-kryss

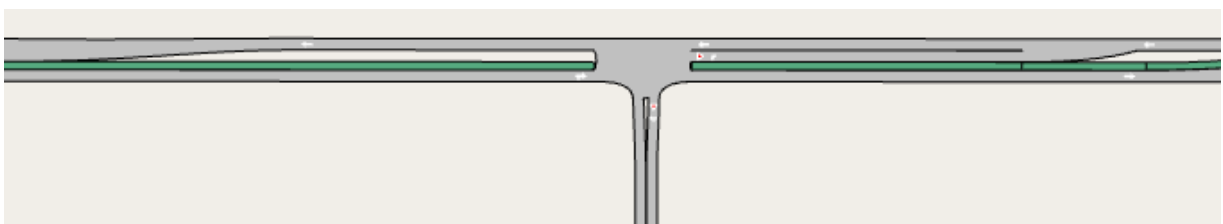
Kryssnode og reguleringsform

I hovedkrysset er det gjort følgende tilpasninger i kryssnoden:

- Vikepliktsregulering for sideveg og venstresving på hovedveg
- Venstresving fra hovedveg har prioritet fremfor venstresving fra sideveg.

Hastigheter på lenkene

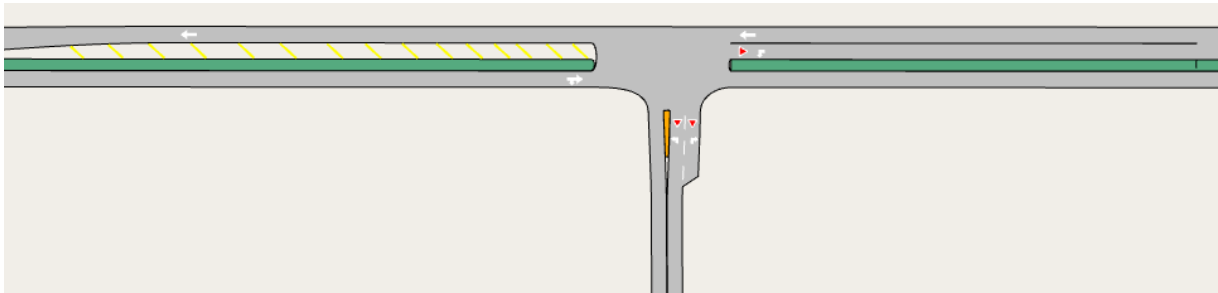
Fartsnivået i krysset settes som for Modifisert T-kryss. Hastighetene er angitt i Tabell 5.5.1.



Figur 5.5.2: Modell av kanalisert T-kryss i Aimsun

Bygging av konvensjonell kryssmodell - Kanalisert T-kryss med separat høyresvingefelt på sideveg

Det anrettes også et kanalisert T-kryss med separate høyre- og venstresvingefelt på sideveg. Lengden på høyresvingefeltet er satt til 15 meter. Foruten høyresvingefeltet er geometrisk utforming, reguleringsform og hastighet identisk med overnevnte kryss. Et utsnitt av modellene er vist i Figur 5.5.3.



Figur 5.5.3: Modell av kanalisert T-kryss med separat høyresvingefelt i Aimsun

Avgrensning av områder for analyse

Analyse av trafikkavvikling på sideveg

Hovedforskjellen mellom modifisert T-kryss og kanalisert T-kryss er utførelsen av venstresving fra sideveg, og bør derfor analyseres.

Analyse av kølengde på sideveg

Kølengde på sideveg gir et bilde på avviklingskvaliteten for sidevegen. Stor kølengde tilsier at trafikanter på sidevegen har problemer med å finne tilstrekkelig tidsluke. Parameteren i Aimsun som betraktes er «gjennomsnittlig kølengde».

Analyse av miljøforhold

Ettersom det modifiserte T-krysset ikke medfører endring for annet enn sidevegtrafikk, trengs ikke ytterligere analyse av trafikkavvikling for totalmodellene. Det foreligger ikke omfordeling av prioritet i krysset. Det er derimot av interesse å betrakte utslippstall for krysset som helhet, samt for venstresvingen isolert.

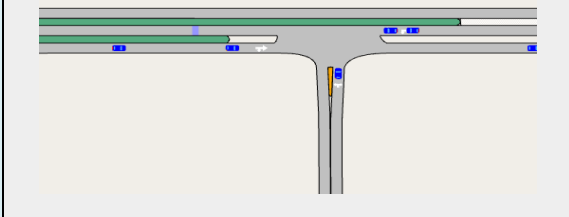
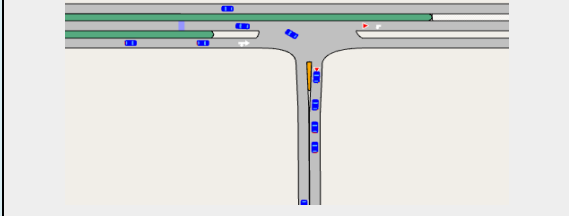
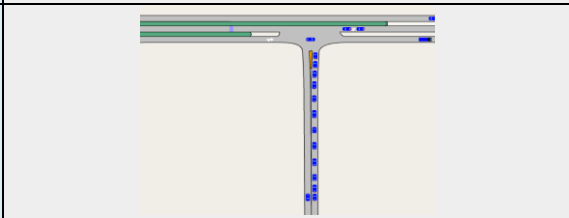
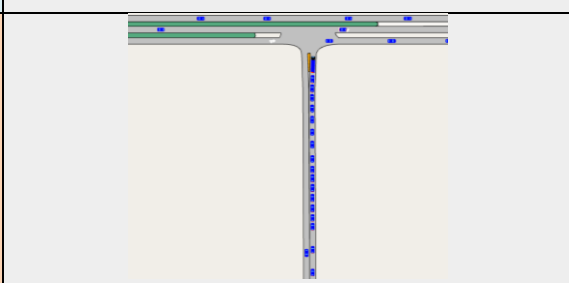
Etablering av OD-matriser

Følgende krav settes til matrisene for henholdsvis «lav», «middels» og «høy» trafikkmengde:

- OD (lav): Trafikken avvikles tilnærmet uhindret på sidevegen
- OD (middels): Periodevis kødannelse på sidevegen
- OD (høy): Periodevis stor kødannelse på sideveg.

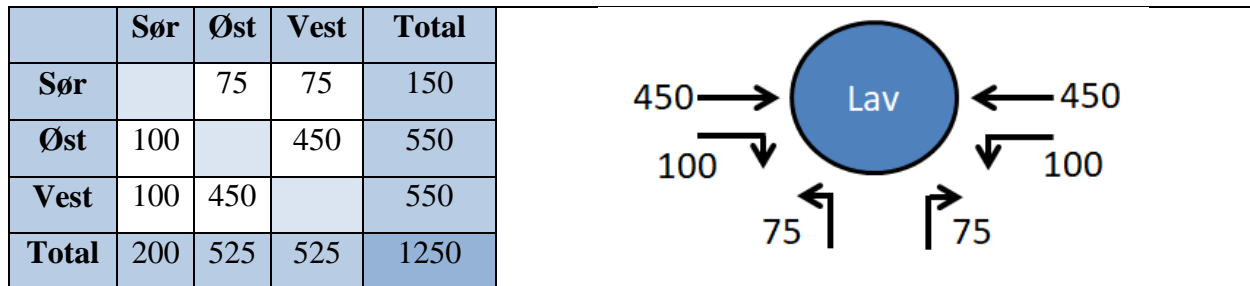
I tillegg undersøkes en situasjon som benevnes «høy avsving». Her er svært mye hovedvegtrafikk og svært stor andel venstresving fra sideveg. Situasjonen er ugunstig, og det går lang tid mellom ledige luker.

- OD (høy avsving): Periodevis omfattende kø på sideveg. Denne reduseres periodevis.
- Belastningsgradene for hver OD-matrise er illustrert og kommentert i Figur 5.5.4.

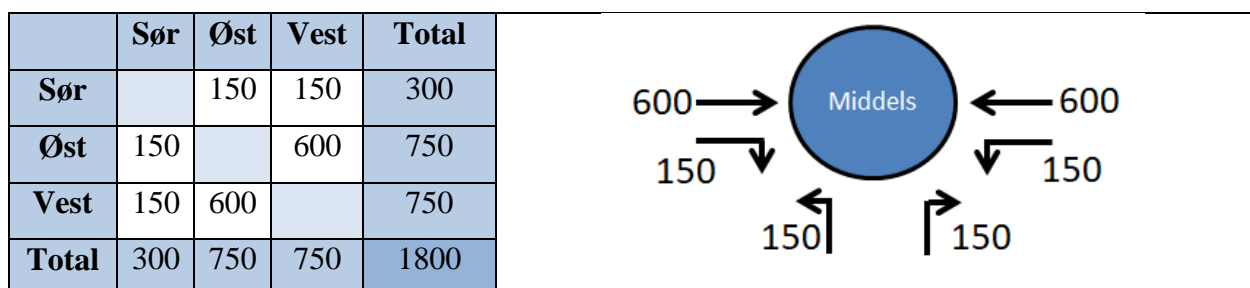
Belastningsgrad	Trafikkforhold på sideveg
<p>Lav</p> <p>Trafikken flyter tilnærmet uhindret på sidevegen. Enkelte biler må stoppe i krysset i påvente av ledig luke.</p>	
<p>Middels</p> <p>Sidevegtrafikk avvikles uten store vansker. Perioder med kødannelse. Køen avvikles relativt raskt.</p>	
<p>Høy</p> <p>Trafikk på sidevegen blir tydelig forsinket pga. mye trafikk med høyere prioritet. Perioder med lang kø. Kapasiteten overskrides ikke.</p>	
<p>Høy gjennomgang og venstresving fra sideveg</p> <p>Periodevis meget høy kødannelse på sideveg. Køen reduseres periodevis.</p>	

Figur 5.5.4: Visualisering av ulike belastningsgrader i modifisert T-kryss

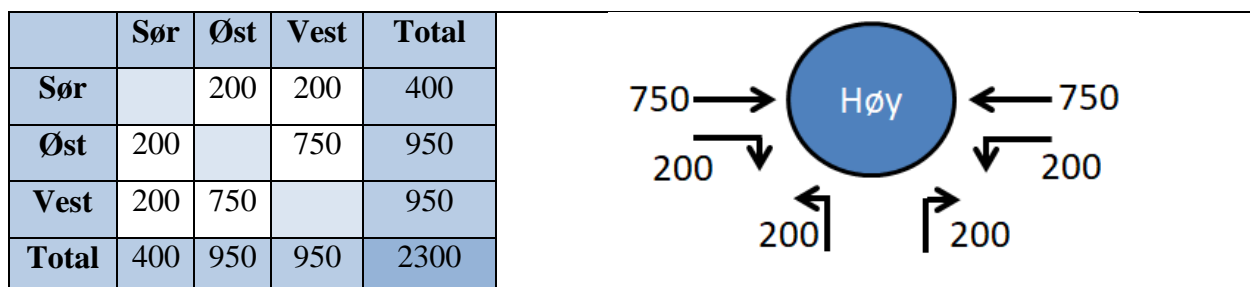
OD-matrisene i Figur 5.5.5 – 5.5.8 er etablert på bakgrunn av kravene, og er lagt til grunn for alle kryss i analysen.



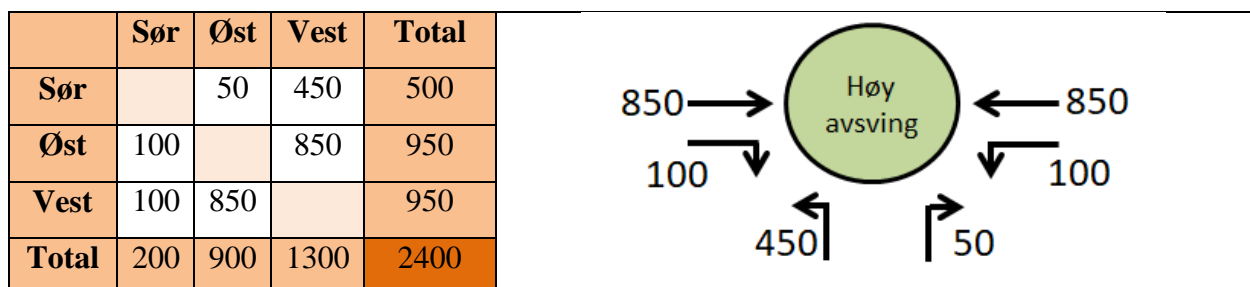
Figur 5.5.5: OD-matrise for lav trafikkbelastning (kjt/time)



Figur 5.5.6: OD-matrise for middels trafikkbelastning (kjt/time)



Figur 5.5.7: OD-matrise for høy trafikkbelastning (kjt/time)



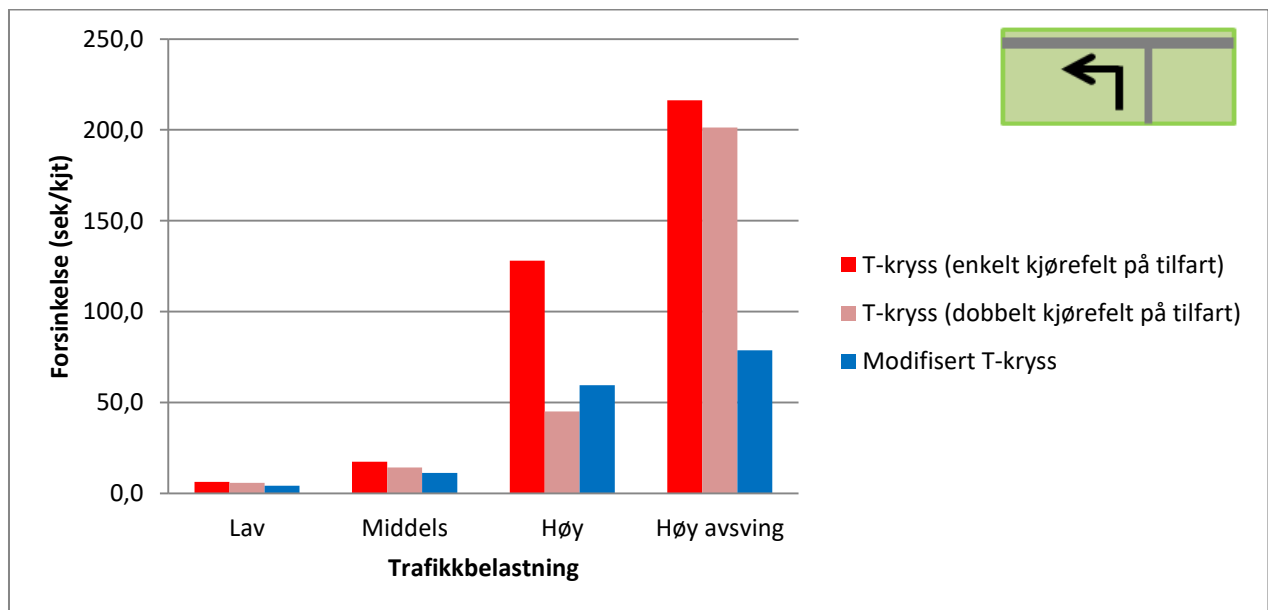
Figur 5.5.8: OD-matrise for høy gjennomgang og venstresving fra sideveg (kjt/time)

Resultater fra trafikksimulering

Parameterne forsinkelse, gjennomsnittlig kølengde og utslippsdata er analysert. Forsinkelse er et relativt mål som har basis i gjennomkjøring uten kø, mens gjennomsnittlig kølengde er absolutt verdi. Ettersom sidevegen har samme lengde for alle kryssene, er de valgte parametre direkte sammenlignbare. Det samme gjelder for utslippsdata.

Analyse av trafikkavvikling for venstresvingende sidevegtrafikk

Forsinkelse for venstresvingende sidevegtrafikk er vist i Figur 5.5.9.



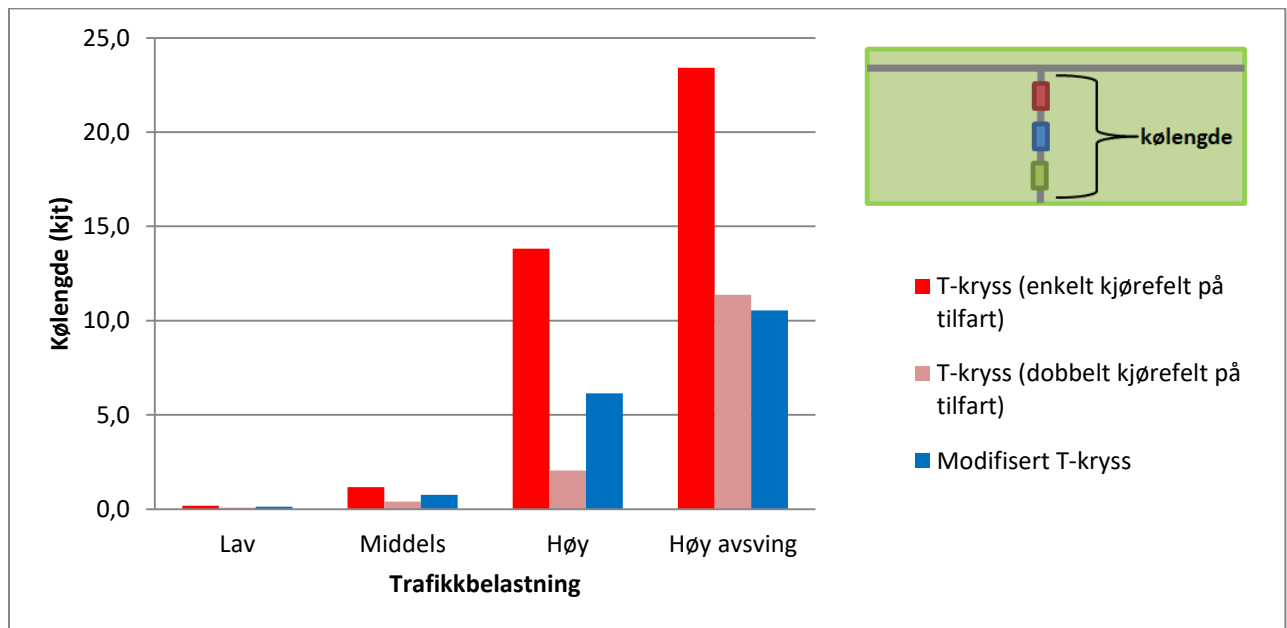
Figur 5.5.9: Gjennomsnittlig kjøretøyforsinkelse for venstresvingende sidevegtrafikk

Kommentarer til resultater

- Forsinkelsen er ca. lik ved både «lav» og «middels» trafikkbelastning for alle kryss.
- Modifisert T-kryss gir vesentlig mindre forsinkelse enn T-kryss med enkelt kjørefelt på tilfarten ved trafikkbelastning «høy».
- T-kryss med separat høyresvingefelt bidrar til stor reduksjon av forsinkelse for venstresvingende kjøretøy ved trafikkbelastning «høy». Dette skyldes at OD-matrisen har lik fordeling mellom høyre- og venstresvingende kjøretøy, slik at ekstra kjørefelt bidrar til effektiv avvikling av nærmere 50 % av trafikken på tilfarten. T-kryss med separate høyre- og venstresvingefelt presterer bedre enn modifisert T-kryss.
- **Høy avsving:** Modifisert T-kryss presterer bedre enn de andre alternativene.

Analyse av kølengde på sideveg

Kølengde på sidevegen er illustrert i Figur 5.5.10.



Figur 5.5.10: Gjennomsnittlig kølengde for sideveg (både høyre- og venstresving)

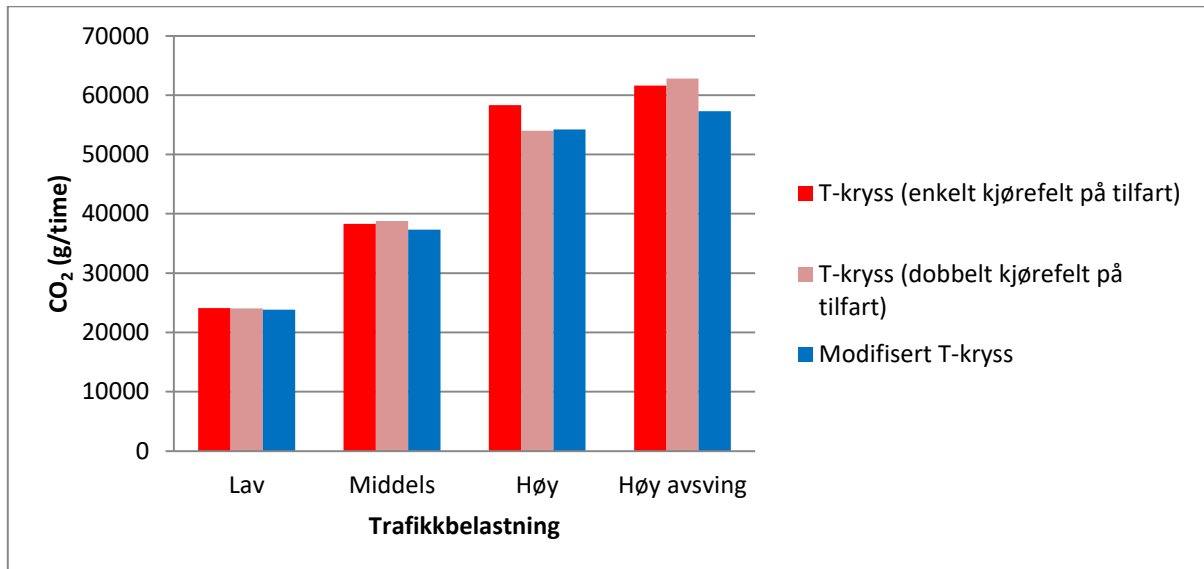
Kommentarer til resultater

- Etablering av separat høyresvingefelt for sideveg i T-kryss bidrar til drastisk reduksjon av kølengde sammenlignet med enkelt kjørefelt.
- For trafikkmengde «høy» har T-kryss med to kjørefelt på sidevegtilfart mindre kølengde enn modifisert T-kryss. Begge kjørefeltene på tilfarten er kontinuerlig i bruk.
- **Høy avsving:** Ved mye venstresvingende trafikk reduseres effekten av høyresvingefeltet, og løsningen presterer på høyde med modifisert T-kryss. Høy venstresvingende trafikkmengde resulterer i omfattende kødannelse, slik at høyresvingende kjøretøy blokkeres fra å entre høyresvingefeltet.

Analyse av miljøforhold

Analyse av utslipp for kryssmodellene totalt

Utslipp av CO₂ for hele krysset er vist i Figur 5.5.11. NO_x følger samme trend.



Figur 5.5.11: Totalt CO₂-utslipp i kryssmodellene

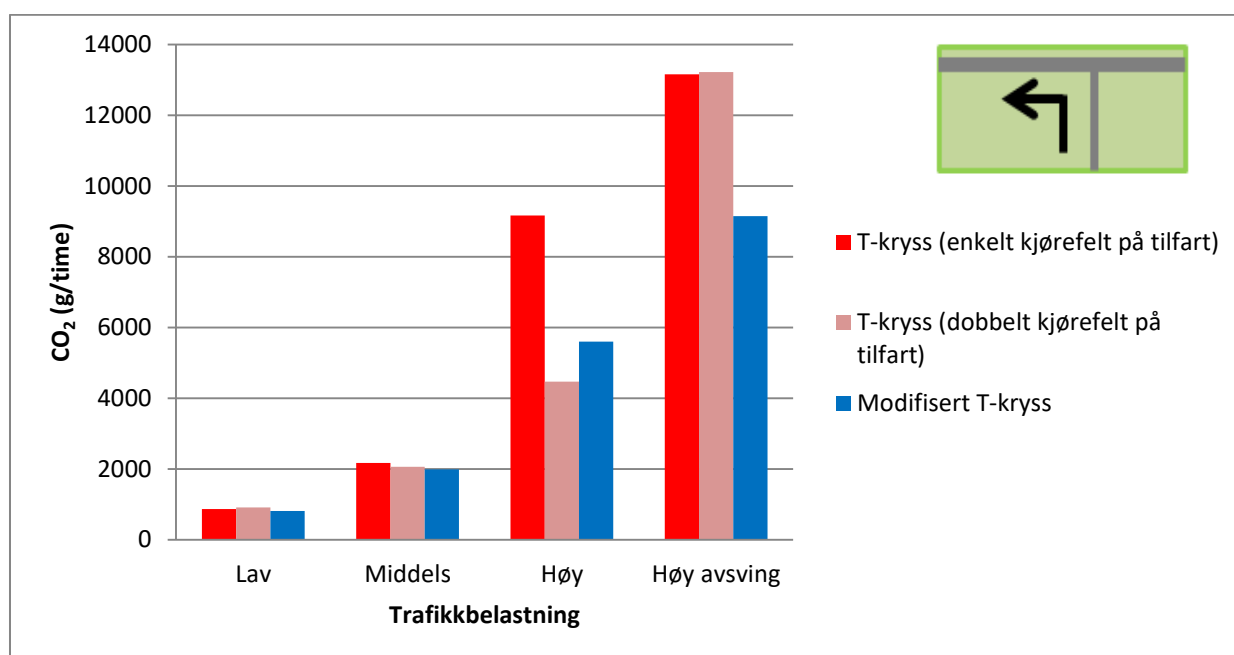
Kommentarer til resultater

- Lav og middels belastning: Tilnærmet identiske utslipp av henholdsvis CO₂ og NO_x for alle kryss.
- Trafikkbelastning «høy»: T-kryss med dobbelt kjørefelt og modifisert T-kryss har identiske resultater. T-kryss med enkelt kjørefelt ligger rundt 7 % over.
- **Høy avsving:** Modifisert T-kryss ligger noe lavere enn de to andre kryssene.

Ettersom totalanalysen antyder en nedgang i utslipp for modifisert T-kryss ved høy venstresvingandel, er det interessant å kartlegge hvor denne utslippsreduksjonen faktisk forekommer. Det utføres derfor analyse av utslipp tilhørende venstresvingende sidevegtrafikk.

Analyse av utslipp for venstresvingende sidevegtrafikk

Utslipp av CO₂ for venstresvingende sidevegtrafikk er vist i Figur 5.5.12.



Figur 5.5.12: CO₂-utslipp for venstresvingende sidevegtrafikk

Kommentarer til resultater

- De tre kryssene har ca. identiske utslippstall for trafikkbelastning «lav» og «middels».
- For trafikkbelastning «høy» forekommer en markant reduksjon i utslipp for T-kryss med doble svingefelt (reduksjon på 50 %) og modifisert T-kryss (reduksjon på 40 %), sammenlignet med T-kryss med enkelt kjørefelt. Venstresvingende kjøretøy i T-kryss med doble kjørefelt opplever mindre «start-stopp» kjøring, ettersom høyresvingende trafikk avvikles i eget felt. I modifisert T-kryss medfører den forenklede venstresvingen noenlunde tilsvarende forbedring.
- **Høy avsving:** Her opplever T-kryss med doble svingefelt at høyresvingefeltet blokkeres store deler av tiden, slik at dets effekt bortfaller nærmest fullstendig. Her kan modifisert T-kryss skilte med en reduksjon i utslipp på nærmere 30 % for både CO₂ og NO_x. Forbedret avvikling av venstresvingen i modifisert T-kryss står dermed for nesten 95 % av den totale utslippsreduksjonen ved denne belastningsgraden.

Oppsummering av trafikkavvikling og miljøpåvirkning

Modifisert T-kryss sammenliknet med kanalisert T-kryss med enkelt kjørefelt på sidevegtilfart

Resultatene tyder på at modifisert T-kryss forbedrer avviklingen og reduserer utslipp ved trafikkbelastning «høy» og «høy avsving». Venstresvingende trafikk på sidevegen nå har én mindre trafikkstrøm å forholde seg til ved kryssing. Endringen i modifisert T-kryss fører til at det blir enklere å finne tilstrekkelig luke for venstresving, hvilket styrker avviklingskvaliteten. Det forekommer ikke merkbare endringer ved trafikkbelastning «lav» og «middels». Ettersom analysen er noe grovt utført, bør resultatene tolkes med varsomhet. I kryss med høy trafikkbelastning kan ombygging til modifisert T-kryss medføre:

- Redusert forsinkelse for venstresvingende trafikk på sideveg med 55 %.
- Redusert gjennomsnittlig kølengde på sidevegen med nesten 60 %.
- Redusert CO₂- og NO_x- utslipp for venstresving fra sideveg med 40 - 50 %.
- Redusert nødvendig tidsluke for venstresvingende sidevegtrafikk, uten at dette går på bekostning av gjennomgangstrafikkens prioritet.

Selv om analysen er basert på fiktive OD-matriser, er endringen såpass stor at det foreligger liten tvil om at modifisert T-kryss kan være en bedre kryssløsning.

Modifisert T-kryss sammenliknet med kanalisert T-kryss med doble kjørefelt på sidevegtilfart

Kanalisert T-kryss presterer bedre med separate svingefelt. Dette skyldes at høyresvingefeltet øker sidevegens avviklingskapasitet. Et modifisert T-kryss (enkelt kjørefelt) kan, med tanke på trafikkavvikling, nærmest erstatte et kanalisert T-kryss med separat høyresvingefelt. Gevinsten av doble kjørefelt i kanalisert T-kryss avhenger veldig av svingeandelene på sidevegen. Stor venstresvingeandel medfører at høyresvingefeltet blokkeres, og fordelen med feltet bortfaller. I modifisert T-kryss virker det som at svingeandelen har liten betydning for kapasiteten.

5.6 Trafikksikkerhet

Vurderingen av trafikksikkerhet for Modifisert T-kryss består av 8 deler. Denne er basert på kvantifiserbare egenskaper og sammenligning med krysset som løsningen tenkes å erstatte. Her vurderes utforming, trafikantoppførsel og faren for misforståelser.

1. Hensikt med utredningen
2. Hovedutfordringen med konvensjonelle kanaliserte T-kryss
3. Sammenligning av antall konfliktpunkter
4. Sikkerhetsbetraktning ved forandrede kjøretøybevegelser
5. Oppdeling av vestgående kjørefelt
6. Siktforhold for sidevegtrafikk
7. Risikoanalyse for modifisert T-kryss
8. Konklusjon

Hensikt med utredningen

Hensikten med trafikksikkerhetsutredningen er å kartlegge fordelene og ulempene med den foreslåtte utformingen av modifisert T-kryss. Løsningen tar sikte på å forenkle avsving fra sideveg, slik at noen av dagens sikkerhetsutfordringer kan tenkes å bortfalle. Vurderingen av trafikksikkerhet baseres på modifiserte T-krysset mellom vekslende «2+1»-veg som beskrevet i kapittel 5.1. Det er også inkludert betraktninger knyttet til hvordan gjennom-gangstrafikken skal skilles fra kryssområdet.

Hovedutfordringen med konvensjonelle kanaliserte T-kryss

I tradisjonelle vikepliktsregulerte kryss ligger mye av ansvaret på vikende trafikanter. Det kan være vanskelig å foreta riktige avgjørelser ved kryssing av flere trafikkstrømmer av høyere prioritet. Ved økende køoppbygging, kan trafikanter oppleve stress, som igjen kan øke sannsynligheten for at det velges å utnytte tidsluker som ellers ikke ville blitt akseptert.

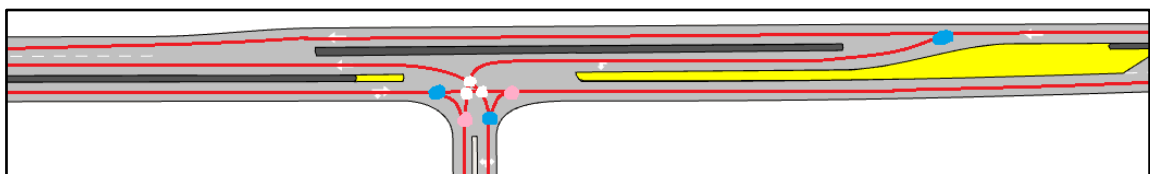
Kanaliserte T-kryss er problematiske dersom sidevegtrafikk skal vike for en sterkt trafikkert hovedveg med høy fartsgrense. Verst er forholdene for venstresvingende sidevegtrafikk, ettersom disse har lavest prioritet, og må finne en tilstrekkelig luke som avhenger av tre samtidige trafikkstrømmer. I tillegg til å traversere selve krysningen, må tidsluken som velges være tilstrekkelig stor til at kjøretøyet har mulighet til å akselerere til et fartsnivå som samsvarer med hovedvegtrafikken. Dette kan medføre at nødvendig tidsluke blir meget lang.

Samtidig kan en feilaktig bedømmelse av nødvendig tidsluke få store konsekvenser for gjennomkjørende trafikanter. Dersom uforvarlig venstresving foretas, er det ikke sikkert at hovedvegtrafikken klarer å stoppe i tide, eller på annet vis forhindre at en ulykke forekommer. For venstresving fra sideveg foreligger det risiko for sammenstøt med gjennomgangstrafikk på to steder:

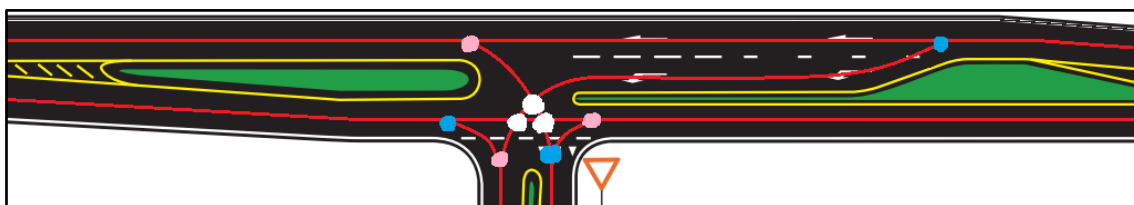
- I selve krysningen er det en risiko for direkte sammenstøt med gjennomgangstrafikk fra begge retninger. Kollisjonen vil ha stor hastighetsforskjell og kollisjonsvinkel.
- Det foreligger risiko for påkjøring bakfra selv etter fullført venstresving. Denne er størst dersom tidsluken feilberegnes slik at den er «litt for kort». Kjøretøyet vil dermed ha nok tid til å traversere krysningen, men ikke ha tilstrekkelig tid til fartsøkning. Det samme gjelder for høyresving fra sidevegen. Ulykkens alvorlighetsgrad avhengig av hastighetsforskjellen mellom involverte kjøretøy.

Sammenligning av antall konfliktpunkter

Konfliktpunktene i modifisert T-kryss of kanalisert T-kryss er vis henholdsvis i Figur 5.6.1 og 5.6.2. Konfliktpunktene er kategorisert i Tabell 5.6.1.



Figur 5.6.1: Konfliktpunkter i modifisert T-kryss



Figur 5.6.2: Konfliktpunkter i kanalisert T-kryss (modifisert, N302, s. 52)

Tabell 5.6.1: Konfliktpunkter i modifisert T-kryss og kanalisert T-kryss

	Konvergerende	Kryssende	Divergerende	Totalt
Modifisert T-kryss	2	3	3	8
Kanalisert T-kryss	3	3	3	9

For modifisert T-kryss reduseres antall konfliktpunkter i hovedkrysset fra 8 til 7 grunnet «flytting» eller «eliminering» av ett konfliktpunkt. Det aktuelle konfliktpunktet skyldes konvergens av vestgående gjennomgangstrafikk og trafikk på påkjøringsfeltet. For det modifiserte T-krysset flyttes dette konfliktpunktet til et vilkårlig sted vest for akseptert.

Sikkerhetsbetraktning ved forandrede kjøretøybevegelser

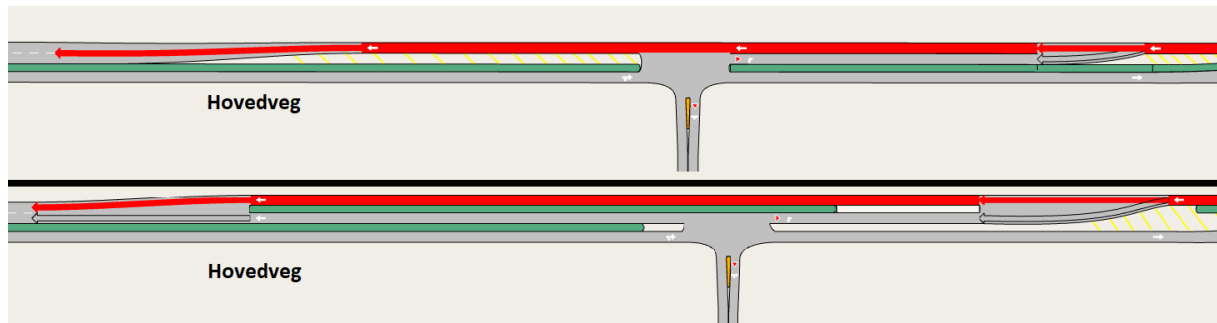
Konsekvensene for trafiksikkerheten kartlegges på bakgrunn av endrede kjøretøybevegelser i Modifisert T-kryss, sammenlignet med kanalisert T-kryss. En oversikt over mulige svingebevegelser i kryssene er vist i Tabell 5.6.2. Her beskrives hvilke bevegelser som endres i den alternative utformingen. Endrede kjøretøybevegelser diskuteres separat.

Tabell 5.6.2: Gjennomgang av svingebevegelser for modifisert T-kryss

Svingebevegelse	Fra	Til	Utførelse i forhold til kanalisert T-kryss
Gjennomkjøring	Vest	Øst	Uendret
Høyresving fra hovedveg	Vest	Sør	Uendret
Gjennomkjøring hovedveg	Øst	Vest	Endret
Venstresving fra hovedveg	Øst	Sør	Uendret
Venstresving fra sideveg	Sør	Vest	Endret
Høyresving fra sideveg	Sør	Øst	Uendret

Vestgående gjennomkjøring på hovedveg

Bevegelsen er illustrert i Figur 5.6.3, og diskuteres i Tabell 5.6.3.



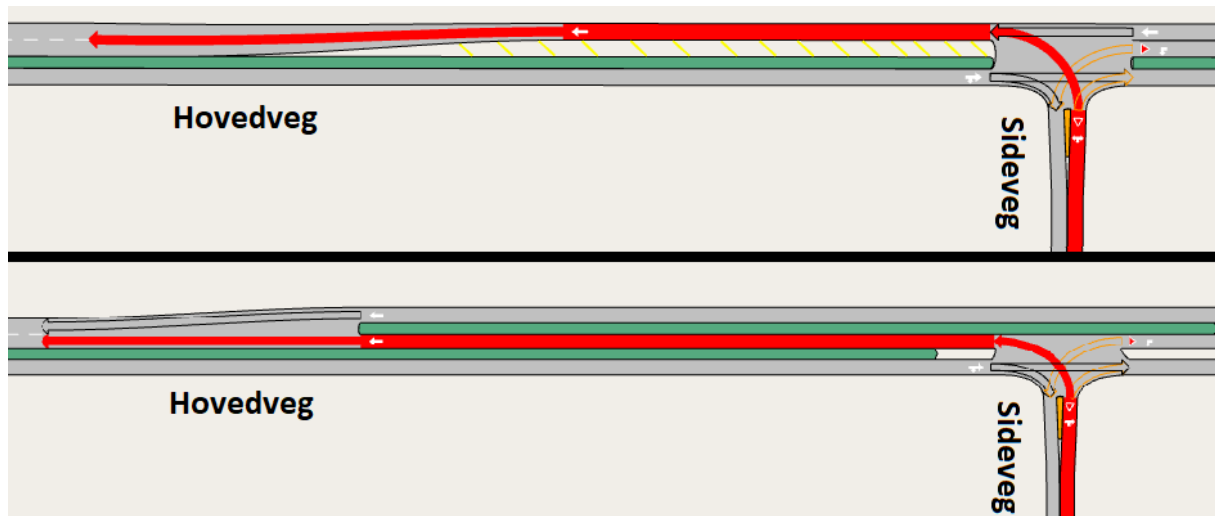
Figur 5.6.3: Gjennomkjøring (Ø – V)

Tabell 5.6.3: Diskusjon av gjennomkjøring (øst til vest)

Kanalisert T-kryss	Modifisert T-kryss
<p>Sikkerhetsutfordring(er):</p> <ul style="list-style-type: none">• Venstresvingende kjøretøy fra sideveg konvergerer med Ø-V gjennomkjøring i hovedkrysset• Interaksjoner (oppbremsing og potensiell kollisjon) ved uriktig utført venstresving fra sideveg representerer en fare for gjennomgangstrafikken (venstresving uten tilstrekkelig luke)	<p>Sikkerhetsutfordring(er):</p> <ul style="list-style-type: none">• Introduksjon av «ekstra» rekkverk <p>Sikkerhetsfordel(er):</p> <ul style="list-style-type: none">• Feltbytte nedstrøms anses som mindre alvorlig enn konvergens i hovedkryss• Muligheten for interaksjon mellom venstresvingende kjøretøy og gjennomgangstrafikk elimineres. Rekkverk skiller kjørefeltet fra hovedkrysset• Oppbremsingsfare reduseres, og stressmomentet elimineres

Venstresving fra sideveg

Bevegelsen er illustrert i Figur 5.6.4, og diskuteres i Tabell 5.6.4.



Figur 5.6.4: Venstresving fra sideveg (S – V)

Tabell 5.6.4: Diskusjon av venstresving fra sideveg (sør til vest)

Kanalisert T-kryss	Modifisert T-kryss
<p>Sikkerhetsutfordring(er):</p> <p>Den farligste bevegelsen i T-kryss. Må ta hensyn til mange konflikter samtidig:</p> <ul style="list-style-type: none">• Venstresvingende kjøretøy fra sideveg må først krysse V-Ø i hovedkrysset, og deretter konvergere med Ø-V. Konfliktpunktene er alvorlige• Interaksjoner (oppbremsing og potensiell kollisjon) ved uriktig utført bevegelse representerer fare for gjennomgangstrafikk• Føreren har mange trafikkstrømmer å forholde seg til samtidig. Det trengs stor luke. Både venstresving og fartsøkning må utføres i tidsluken.	<p>Sikkerhetsutfordring(er):</p> <ul style="list-style-type: none">• Foreslått plassering av rekkverk er ukjent <p>Sikkerhetsfordel(er):</p> <ul style="list-style-type: none">• Konvergens med Ø-V gjennomgangstrafikk elimineres fra hovedkrysset. Muligheten for interaksjon mellom disse kjøretøystrømmene bortfaller.• Færre samtidige trafikkstrømmer. Svingebevegelsen anses som mindre stressende.• Enklere å finne ledig luke. Fartsøkning foregår i eget kjørefelt, uten mulighet for påkjøring i høy hastighet bakfra.• Konvergens «gjenoppstår» på 2+1 vegen, og foregår nå over lengre avstand med ca. like hastigheter og slak kollisjonsvinkel

Oppdeling av vestgående kjørefelt

Det bør vurderes hvordan oppdeling av kjørefeltene på vestgående hovedveg skal utformes. Oppdelingen bør tilfredsstillende følgende kriterier, listet opp etter viktighetsgrad.

1. Oppdelingen skal være trafiksikker
2. Oppdelingen skal medføre at krysset er godt lesbart og sikrer korrekt trafikantatferd
3. Oppdelingen skal være billig å bygge og vedlikeholde, samt begrense arealbruk

Følgende alternativer vurderes:

- Dobbel sperrelinje
- Forhøyet oppmerking med refleks
- Langsgående trafikkøy
- Betongelementer
- Vaier-rekkverk
- Konvensjonelt rekkverk (midtrekkverk)

Fordeler og ulemper for de ulike alternativene diskuteres i Tabellene 5.6.5 til 5.6.10.

Dobbel sperrelinje

Tabell 5.6.5: Fordeler og ulemper ved bruk av dobbel sperrelinje

Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none">• Lave kostnader• Minimalt arealbruk	<ul style="list-style-type: none">• Bruk av sperrelinjer kan medføre misforståelser rundt hvilke trafikkstrømmer venstresvingende sidetraffic har vikeplikt for (lav grad av lesbarhet)• Snø på vegbanen reduserer kryssets lesbarhet ytterligere• Gjennomgangstrafikk kan misoppfatte venstresvingefeltet som et forbikjøringsfelt, noe som kan resultere i gjennomkjøring i begge kjørefelt. Dette anses som trafikkfarlig, og må unngås.
Konklusjon	
Bruk av dobbel sperrelinje til oppdeling av kjørefeltene er ikke forsvarlig i denne sammenhengen. Løsningen medfører meget dårlig lesbarhet for alle trafikanter. Alternativet forkastes.	

Forhøyet oppmerking med refleks

Løsningen er illustrert i Figur 5.6.5



Figur 5.6.5: Illustrasjon av forhøyet oppmerking med refleks (Google Maps¹)

Tabell 5.6.6: Fordeler og ulemper ved bruk av forhøyet oppmerking med refleks

Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none">• Angir tydeligere oppdeling av kjørefeltene, sammenlignet med dobbel sperrelinje.• Billig	<ul style="list-style-type: none">• «Innsyn» til gjennomgangstrafikken fra side-vegen kan skape forvirring vedrørende hvilke trafikkstrømmer det skal vikes for (lesbarhet)• Kan bli et faremoment i vegbanen grunnet høye hastigheter på hovedvegen
Konklusjon	
Løsningen kan kanskje fungere ved lave fartsgrenser. Ettersom «forhøyningen» ligger ganske langt «fra» sidevegen, kan den være vanskelig å oppfatte at venstresvingende sidevegtrafikk <i>ikke</i> skal vike for gjennomgangstrafikken. Løsningen forkastes.	

¹ GPS-koordinater: 59.100090, 9.676643

Langsgående trafikkøy

Tabell 5.6.7: Fordeler og ulemper ved bruk av trafikkøy

Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none">• Trafikkøyer angir tydelig oppdeling av kjørefeltene• Øker sannsynligheten for korrekt trafikant-oppførsel blant venstre-svingende kjøretøy fra sidevegen• Kjent element	<ul style="list-style-type: none">• «Innsyn» til gjennomgangstrafikken fra sidevegen kan skape forvirring vedrørende hvilke trafikk-strømmer det skal vikes for (lesbarhet)• Kan bli faremoment i grunnet høye hastigheter på hovedvegen. Dersom et kjøretøy treffer trafikk-øyen med ugunstig vinkel, kan kjøretøyet oppleve sleng og ende opp i feil kjørefelt.• Arealkrevende og kostbar
Konklusjon	
<p>Alternativet er utfordrende med tanke på innsyn til gjennomgangstrafikk og trafikk-sikkerheten på hovedvegen. Fysisk kanalisering tillates ikke på hovedveger med hastighet over 70 km/t (V121, s. 33). Foreslått fartsgrense er 80 km/t. Trafikkøy lar seg derfor ikke anvende. Løsningen kan likevel være anvendbar i kryss med lavere fart.</p>	

Betongelementer

Tabell 5.6.8: Fordeler og ulemper ved bruk av betongelementer

Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none">• God lesbarhet for sidevegtrafikk• Vil kunne lede kjøretøy på avveie tilbake i kjørebanelen.• Mindre arealkrevende sammenlignet med trafikkøy.	<ul style="list-style-type: none">• Utgjøre i seg selv en trussel for trafikk-sikkerheten (påkjøringsfarlig)• Uettergivelig materiale som ikke lar seg komprimere som følge av sammenstøt.• Kostbar
Konklusjon	
<p>Bruk av betongelementer anses som et relativt godt alternativ til oppdeling av kjørefeltene på hovedvegen. Løsningen tilfredsstillende de overnevnte kravene på en grei måte, men det stilles spørsmål rundt hvorvidt betong er et riktig materialvalg i denne sammenhengen.</p>	

Vaier-rekkverk

Vaier-rekkverket er illustrert i Figur 5.6.7.



Figur 5.6.7: Illustrasjon av vaier-rekkverk (Google Maps²)

Tabell 5.6.9: Fordeler og ulemper ved bruk av vaier-rekkverk

Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none">• Noe tydeligere lesbarhet enn trafikkøy• Rekkverket vil kunne lede kjøretøy på avveie tilbake til kjørebanen.• Lite arealkrevende• Ettergivende ved kollisjon.	<ul style="list-style-type: none">• Noe kontroversielle. Kan være påkjøringsfarlige for motorsyklist• Gir ikke fullgod lesbarhet av kryssets virkemåte for sidevegtrafikk.
Konklusjon	
Det foreligger gode erfaringer med vaier-rekkverk, særlig fra Sverige. I Norge og Danmark er løsningen mer omstridt. Løsningen kan være noe mindre plasskrevende enn rekkverk og betongelementer, samtidig som den fysisk, men ikke visuelt, atskiller kjørefeltene. Ettersom 2+1 veger anrettes med konvensjonelt rekkverk, anses det som lite hensiktsmessig å benytte andre typer rekkverk i forbindelse med krysområdet. Løsningen forkastes.	

² GPS-koordinater: 55.759491, 13.128834

Konvensjonelt rekkverk (midtrekkverk)

Rekkverket er vist i Figur 5.6.8.



Figur 5.6.8: Illustrasjon av midtrekkverk (Google Maps³)

Tabell 5.6.10: Fordeler og ulemper ved bruk av konvensjonelt rekkverk

Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none">• Understreker tydelig at venstresvingende sidevegtrafikk ikke skal vike for gjennomgangstrafikken.• Feil bruk av kjørefelt minimeres.• Rekkverket vil kunne lede kjøretøy på avveie tilbake til kjørebanelen.• Løsningen vil i de fleste tilfeller være mindre arealkrevende sammenlignet med trafikkøy.• Stor arbeidsbredde. Ettergivende ved kollisjon.	<ul style="list-style-type: none">• Midtrekkverk utgjør i seg selv en trussel for trafiksikkerheten.• Relativt kostbar løsning.• «Uvanlig» plassering kan skape forvirring blant trafikantene.
Konklusjon	
Bruk av midtrekkverk anses som det beste alternativet for oppdeling av kjørefeltene. Alternativet ivaretar trafiksikkerheten etter ovennevnte krav, samtidig som det sikrer god lesbarhet og heller ikke er særlig arealkrevende.	

³ GPS-koordinater: 58.458277, 8.713512

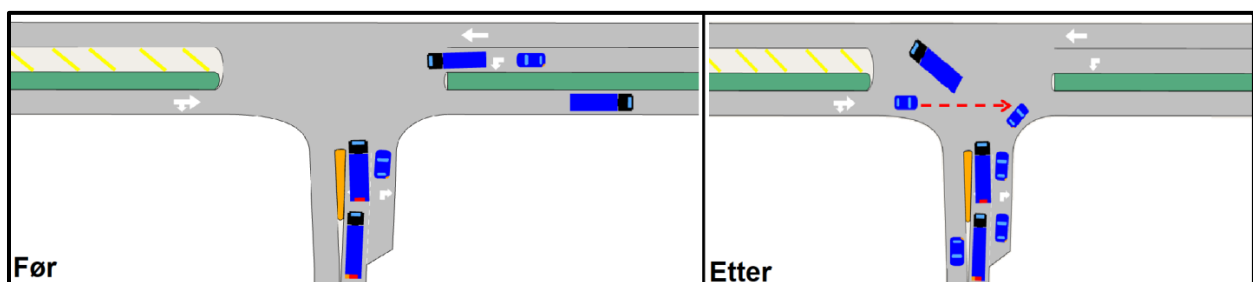
Midtrekkverk anses som mest hensiktsmessig i henhold til de ovennevnte kravene. Håndbok N101 presiserer at det må utføres en avveining av sikkerhetsfordelene opp mot ulempene ved oppsett av rekkverk. Rekkverket i seg selv kan utgjøre en trussel for trafikantene og redusere trafiksikkerheten. Risikoen er spesielt relatert til direkte påkjørsel av rekkverket der det begynner. Samtidig vil et slikt midtrekkverk kunne bidra til at trafikantene oppfører seg korrekt i krysset. Det kan dermed argumenteres for at rekkverket gir positiv sikkerhetsverdi.

Ved opprettelse av slikt rekkverk, vil det være nødvendig å anlegge en «støtpute» i forkant av rekkverkets begynnelse. «Støtputen» vil fungere som et kollisjonsdempende tiltak og bidra til å redusere hastigheten på kjøretøyet før det treffer selve rekkverket. Det er unødvendig å sette opp «støtpute» der rekkverket slutter. Her risikerer ikke trafikkstrømmene direkte kollisjon med endepunktet, og det vil være tilstrekkelig med oppmerket hvitt sperreområde.

Siktforhold for sidevegtrafikk

En situasjon som kan oppstå i T-kryss med to kjørefelt på sidevegtilfarten, er at sikten til personbiler i høyresvingefeltet blokkeres av kjøretøy i venstresvingefeltet mens begge viker. Denne «før»-situasjonen er vist i Figur 5.6.9. Sikten til personbilen blokkeres av lastebilen.

Dersom det oppstår ledig luke i vestgående retning, må lastebilen kun å traversere krysningen med østgående retning, før vedkommende er utenfor faresonen. Dersom lastebilen kjører, er det «fort gjort» at personbilen utfører sin bevegelse samtidig. Problemet er at høyresvingende kjøretøy krever langt større luke enn venstresving i dette tilfellet, ettersom luken må være stor nok til at fartsøkning kan foretas. Dersom østgående kjøretøy på hovedvegen kommer like bak, kan det oppstå trafikkulykke med påkjøring bakfra, eller i verste fall sidekollisjon, som illustrert i «etter»-situasjonen i Figur 5.6.9. Problematikken fjernes dersom sidevegtilfarten anrettes med ett kjørefelt. Utredningen av trafikkforhold viser at modifisert T-kryss presterer på linje med kanalisert T-kryss med to kjørefelt på tilfarten, slik at situasjonen bortfaller.



Figur 5.6.9: Vikepliktsituasjon ved to kjørefelt på sidevegtilfart

Risikoanalyse for modifisert T-kryss

Det utføres en forenklet risikoanalyse i tråd med hovedelementene i HAZID-modellen (hazard identification), beskrevet i V721.

Trinn 1: Beskrive analyseobjekt, formål og vurderingskriterier

- **Beskrivelse av analyseobjekt:**
 - **Objekt:** Krysset som helhet
 - **Trafikantgrupper:** Førere av motoriserte kjøretøy
 - **Ulykkestyper:** Alle typer ulykker som involverer minst ett kjøretøy.
- **Formål:** Grov utredning av risikomomenter for kryssløsningen
- **Vurderingskriterier:** Skjønnsmessig vurdering

Trinn 2 - 4: Identifikasjon av risikoelementer, klassifisering og tiltak

Endrede geometriske elementer i trafikkbildet kan skape nye faremomenter. Samtidig er det viktig å sørge for at kryssets utforming bidrar til god trafikantoppførsel slik at kryssets virkemåte oppfattes, og at muligheten for misforståelser minimeres. En kartlegging og drøfting av slike risikoelementer (faremomenter) er vist i Tabell 5.6.11.

Det foreslås bruk av rekkverk for å skille vestgående gjennomgangsfelt fra henholdsvis venstresvingefeltet fra hovedveg og akselerasjonsfeltet for venstresving fra sideveg. I tillegg vil rekkverket hindre at kjøretøy som utfører sistnevnte bevegelse skrenser over i gjennomgangstrafikkens kjørebane ved glatt vegbane på vinterstid.

Risikoelementer 1 og 2 er knyttet til rekkverket. Risikoelement 3 argumenterer for bruk av fysisk trafikkøya i hovedkrysset, som beskrevet og illustrert i delkapittel 5.1. Trafikkøya introduserer riktignok en risiko i seg selv, og er omtalt som risikoelement 4.

Tabell 5.6.11: Risikoanalyse for modifisert T-kryss

Trinn 2		Trinn 3			Trinn 4
Element	Beskrivelse	S	K	R	Tiltak / argument
1. Kollisjon mellom østgående gjennomgangstrafikk og høyresvingende sidevegtrafikk	Høyresvingende trafikk på sidevegtilfart skal vike for østgående gjennomgangstrafikk. Dersom luke feilbedømmes, kan alvorlige ulykker forekomme	M	H		<ul style="list-style-type: none"> • Risikoelementet er i seg selv uforandret fra standardløsningen (kanalisert T-kryss) og vanskelig å forhindre. Anses noe mindre alvorlig. Færre samtidige trafikkstrømmer • Signalregulering • Gode siktlinjer
2. Kollisjon mellom venstresvingende hovedvegtrafikk og østgående gjennomgangstrafikk	Venstresvingende hovedvegtrafikk skal vike for østgående hovedvegtrafikk. Mislighold av vikeplikten kan resultere i kollisjon.	M	H		<ul style="list-style-type: none"> • Sikre god sikt for venstresvingende hovedvegtrafikk • Redusere fartsgrensen • Veldig avhengig av trafikkmengder
3. Kollisjon mellom kryssende venstresvingebevegelser	Venstresvingende sidevegtrafikk skal vike for venstresvingende trafikk fra hovedveg. Mislighold av vikeplikten kan resultere i kollisjon.	M	L		<ul style="list-style-type: none"> • Risikoelementet er uforandret fra standardløsningen (kanalisert T-kryss) og vanskelig å forhindre • Signalregulering • Gode siktlinjer
4. Direkte påkjørsel ved rekkverkets begynnelse	Vestgående trafikk kan kollidere med rekkverket der det begynner, særlig grunnet usikkerhet ved kjørefeltvalg. Kan medføre stor	L	M		<ul style="list-style-type: none"> • Installasjon av støtpute • God skilting og oppmerking i tilknytning til krysset • Mest sannsynlig for venstresvingende trafikk fra hovedvegen som allerede

	skade.				startet fartsreduksjon.
5. Parallell påkjørsel av rekkverk	Kjøretøy kan treffe rekkverket parallelt og få sleng. Kan føre til utforkjøring eller brå hastighetsreduksjon med mulig påkjøring bakfra	L	L		<ul style="list-style-type: none"> • Installere rumlefelt inn mot rekkverket • Risikoen er til stede på øvrige 2+1 veger, og anses ikke som avgjørende
6. Utilsiktet eller tilsiktet gjennomkjøring mellom venstresvingefelt og akselerasjonsfelt	Vestgående gjennomgangstrafikk kan bevisst bruke avkjøringsfeltet som forbikjøringsfelt. Kan føre til påkjøring bakfra av ventende venstresvingende kjøretøy på hovedveg, samt noe fare for venstresvingende trafikk fra sideveg som forventer saktegående kjøretøy. Trafikanter kan også bli forvirret, med samme resultat	L	L		<ul style="list-style-type: none"> • Fysisk trafikkøy i hovedkryss (for å skille gjennomgang fra venstresving) • Skilting og oppmerking. Legge inn stiplede ledelinjer som illustrerer tiltenkt venstresving fra hovedvegen. • Nedfreste rumlestriper i avkjøringsfeltet for å tydeliggjøre behov for fartsreduksjon • Faren anses som lav. Venstresvingende kjøretøy på sideveg er vikepliktige, uavhengig av oppførselen til trafikanter i venstresvingefeltet fra hovedvegen
7. Utilsiktet høyresving fra sideveg inn i venstresvingefeltet	Dersom høyresvingende kjøretøy på sideveg misoppfatter kryssets geometri, kan disse ende opp i avkjøringsfeltet på	L	M		<ul style="list-style-type: none"> • Vurdere å trekke sperreområdet for venstresvingefeltet nærmere hovedkrysset (anses som en god idé) • Anrette stiplede ledelinjer som illustrerer tiltenkt bevegelse

	hovedvegen. Fare for kollisjon med motgående kjøretøy.				<ul style="list-style-type: none"> • Anses ikke som særlig sannsynlig. Samme virkemåte som vanlige T-kryss
8. Påkjøring av fysisk trafikkøy i hovedkryss	Dersom gjennomkjøring forsøkes mellom av- og påkjøringsfeltet, kan kjøretøy treffe trafikkøya som stikker 1,7 m inn i hovedkrysset. Kjøretøyet kan komme på avveie og i verste fall treffe motgående kjøretøy	L	M		<ul style="list-style-type: none"> • Symboloppmerking om venstresving • Nedfreste rumlestriper for fartsreduksjon • Skilte «venstresvingepåbud» • Ikke særlig sannsynlig dersom det befinner seg ventende biler i avkjøringsfeltet. Trafikanter vil sannsynligvis få øye på ventende kjøretøy og redusere farten.
9. Uvant flettesituasjon etter påkjøringsfelt	Flettesituasjonen kan typisk innebære at venstre kjørefelt er mer saktegående enn gjennomkjøringsfeltet til høyre. Det er usikkert hvordan dette vil oppfattes	L	M		<ul style="list-style-type: none"> • Etablere vegvisningsskilt som varsler om framtidig 2+1 veg • Redusere fartsgrense for gjennomgangstrafikk slik at påkjørende trafikk holder større fart, og flettsituasjonen blir «som normalt».

Samlet trafikksikkerhetsvurdering

Utredningen av trafikksikkerhet antyder at modifisert T-kryss løser flere av hovedutfordringene i dagens kanaliserte T-kryss. Kryssutformingen medfører at venstresvingende sidevegtrafikk ikke må vike for gjennomgangstrafikk på hovedvegen lengst unna. Som beskrevet i hovedutfordringene med kanaliserte T-kryss, er denne trafikkstrømmen ofte vanskeligst å vurdere. I modifisert T-kryss trenger kun venstresvingende trafikanter på sideveg å ta hensyn til å traversere selve kryssområdet, ettersom fartsøkning foregår i eget felt. Kritisk tidsluke vil derfor kunne reduseres betraktelig.

Dette medfører at venstresvingen i prinsipp blir tilnærmet «like farlig» som høyresving fra sideveg. Venstresvingende kjøretøy forholder seg til to trafikkstrømmer, men passerer konfliktområdet tidlig i krysningen og er deretter utenfor faresonen. Høyresvingende sidevegtrafikk forholder seg til én trafikkstrøm, men vil være i faresonen selv etter krysningen dersom luken til bakenforliggende gjennomgangstrafikk er liten. Etter fullført høyresving bortfaller faren for sidepåkjørsel, men risikoen for påkjøring bakfra forblir inntil kjøretøyfarten tilpasses hovedvegens hastighetsnivå. For venstresvingende sidevegtrafikk foreligger ikke faren for påkjørsel bakfra noen gang.

Bruk av rekkverk gir et visuelt skille mellom hvilke trafikkstrømmer som venstresvingende sidevegtrafikk skal vike for. «Bortledningen» av gjennomkjøringsfeltet på hovedvegen i modifisert T-kryss gjør at krysningssituasjonen endres til et tilfelle hvor venstresvingende sidevegtrafikk kun må forholde seg til én høyt trafikkert kjøretøystrøm, samt en relativt lav trafikkmengde på venstresvingefeltet. Forenklingen vil etter alt å dømme bidra til å redusere stressnivået for sidevegtrafikken, og redusere faren for uriktige avgjørelser. I tillegg tildeles den «bortledede» gjennomgangstrafikken bedre sikkerhetsforhold, ettersom den ikke involveres direkte i hovedkrysset.

6. Utredning av RCUT

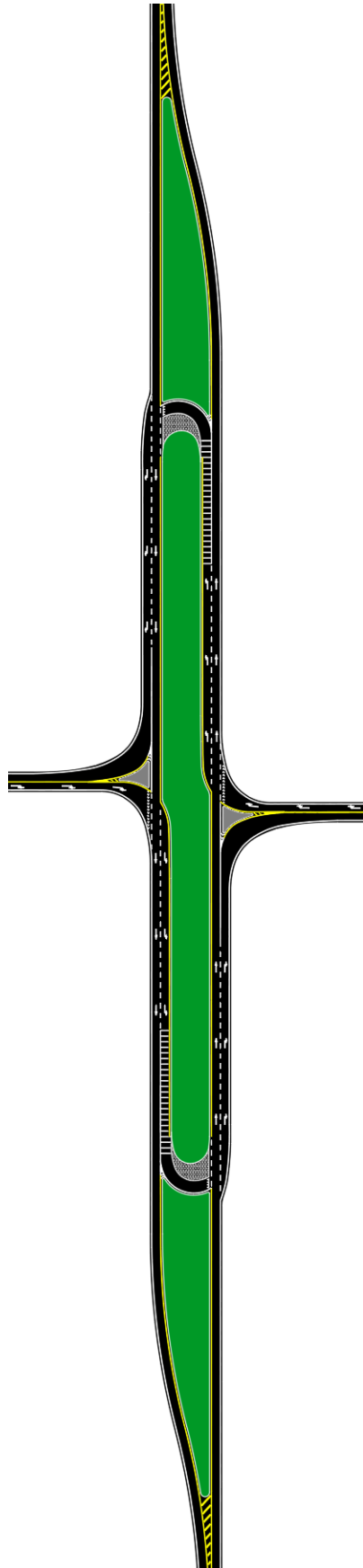
Utredningen av RCUT-krysset gjøres etter følgende oppbygning:

1. Geometrisk utforming
2. Skiltplan
3. Oppmerkingsplan
4. Brøyteplan
5. Trafikkavvikling
6. Trafikksikkerhet

6.1 Geometri

Introduksjon

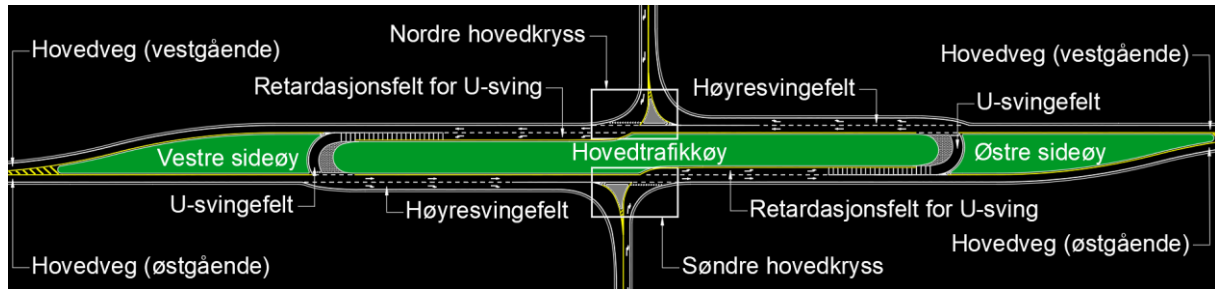
RCUT karakteriseres gjennom bruk av U-svingefelt for å utføre venstresvingebevegelser, samt gjennomkjøring mellom sidevegene. Vikende kjøretøy har kun én trafikkstrøm å ta hensyn til. Krysset kan derfor etterligne noe av funksjonaliteten til konvensjonelle rundkjøringer, uten å hindre gjennomkjøringstrafikken gjennom forsinkelse eller tap av prioritet. Kapitlet drøfter og argumenterer for løsnings-forslaget, vist i Figur 6.1.1.



Figur 6.1.1: Totaloversikt av RCUT

Prinsippskisse

Geometrien i krysset introduseres i Figur 6.1.2. Her illustreres begreper som benyttes for å drøfte løsningsforslaget.



Figur 6.1.2: RCUT – prinsippskisse

Valg av dimensjoneringsklasser

RCUT-krysset tenkes anlagt mellom en middels høyt trafikkert hovedveg, og en sideveg som mates av trafikk fra et bynært område. Det er fornuftig at sidevegen som velges, har dimensjoneringsklasse som kan håndtere mye trafikk. Andelen kjøretøy som kjører inn på hovedvegen antas å være noe mindre enn trafikken på sidevegen, grunnet tidligere avkjøringer til aktiviteter i byområdet. Det er rimelig at hovedvegen har høyere fartsgrense enn sidevegen.

På bakgrunn av denne drøftingen velges dimensjoneringsklassene i følgende punktliste ved utarbeidelsen av kryssets geometri. Tverrsnitt og detaljer er illustrert i Figur 6.1.3.

- Hovedveg – H4 (standard tverrsnitt)
- Sideveg – H1 (med totalbredde 8,5 meter)

Øvrig informasjon om dimensjoneringsklassene:

1. Kryss i tilknytning til H4-veg skal, i henhold til N100, bygges som forkjøringsregulert T-kryss eller planskilt kryss.
2. Kryss i tilknytning til H1-veg skal bygges som T-kryss, X-kryss eller rundkjøring.

For begge vegtypene, stadfester «NA-rundskriv 2015/15» at rundkjøringer på nasjonale- og øvrige hoved-veger skal kun etableres der vegen går gjennom byer og tettsteder og fartsgrense er 60 km/t eller lavere. Etersom vegkrysset er tiltenkt utenfor byer og tettsteder, er ikke rundkjøring tillatt. Tilsvarende er X-kryss utelukket gjennom vurdering i forhold til punkt 1. Gjenstående løsning etter ovennevnte krav er dermed bygging av T-kryss, eller en dyr

planskilt løsning. RCUT har funksjonaliteten til et X-kryss, uten at konfliktene mellom trafikkstrømmene konsentreres på et begrenset kryssområde.

Forklaring	Tverrsnitt
Dimensjoneringsklasse for hovedveg	
H4-veg for ÅDT 4000–6000 (mål i meter) (N100, s. 45)	
Dimensjoneringsklasse for sideveg	
H1-veg for ÅDT 4000 – 12000 (mål i meter) (N100, s. 37)	

Figur 6.1.3: Valgte dimensjoneringsklasser for RCUT

Utarbeidelse av kryssets geometri

Kryssets geometri krever en vurdering av følgende forhold:

1. Valg av kanaliseringstype: *fysisk* eller *oppmerket*
2. Utforming av retardasjonsfelt for høyresving (høyresvingefelt)
3. Utforming av venstresvingefelt (retardasjonsfelt for U-sving)
4. Utforming av U-svingefelt
5. Utforming av hovedkryss
6. Utforming av hovedtrafikkøy
7. Utforming av sideøyer

Det foreligger også vurdering av en alternativ løsning som kan være aktuell:

8. Overkjørbart areal på sidevegtilfart

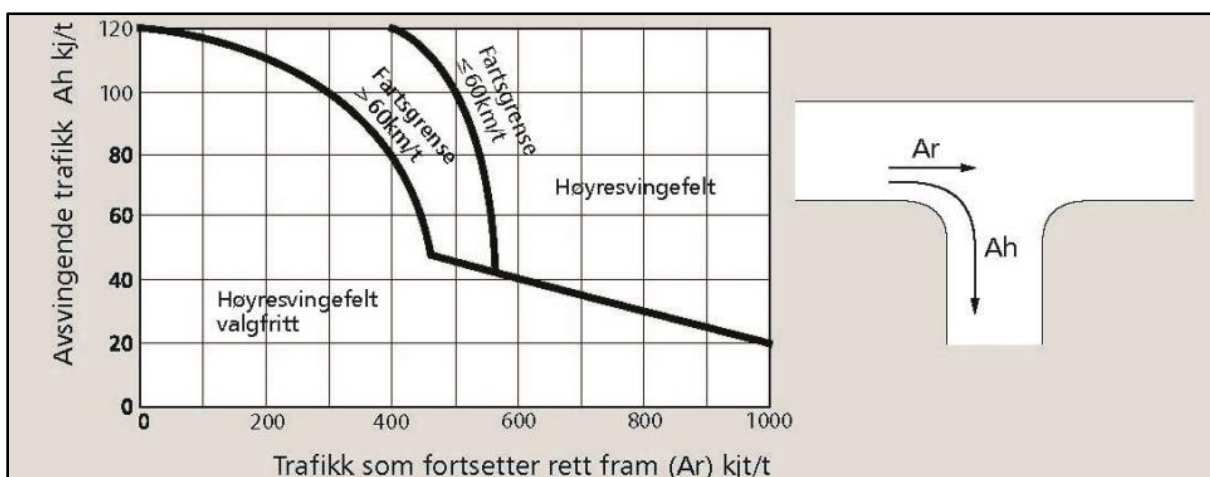
1. Valg av kanaliseringstype: fysisk eller oppmerket

Det eksisterer flere RCUT-løsninger rundt omkring i verden, der nært sagt alle benytter fysisk kanalisering. Det foretas likevel en drøfting rundt valget, sett i lys av norske forhold.

Bruk av oppmerket kanalisering kan, særlig på nattestid, føre til at trafikanter «tar snarvegen» over sperreområdet for å unngå omkjøringen med påfølgende U-sving. Bygging av krysset med fysisk kanalisering medfører at det «unngås» å asfaltere et stort område. Særlig hovedtrafikkøya, som bør skille innsyn mellom kjøreretningene, kan anlegges med beplantning for å skape et naturlig preg. I tillegg sikres tydelig linjeføring, drenering og god plass for snølagring. Kanaliseringsformen velges som *fysisk*, på bakgrunn av disse forhold.

2. Utforming av høyresvingefelt

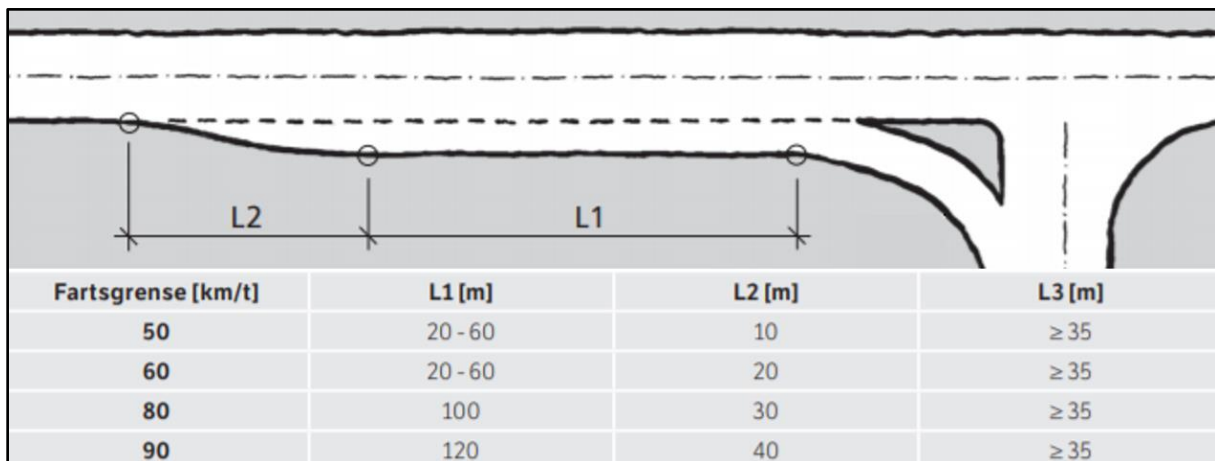
Det foreslås at RCUT utformes med retardasjonsfelt for høyresving fra hovedveg etter krav til kanaliserte T-kryss i V121. Bruk av slike retardasjonsfelt virker hensiktsmessig, ettersom disse tillater hovedvegtrafikk å utføre høyresving uten å forsinke bakenforliggende kjøretøy. Samtidig vil høyresvingefeltene legge til rette for U-svingebevegelsen for tunge kjøretøy uten at hovedtrafikkøyas bredde blir unødig stor. Høyresvingefeltet kan dermed benyttes som «breddeutvidelse» for modulvogntog i U-sving. Påkoblingen av sidevegene kan isolert sett betraktes på som et T-kryss med envegskjørt primærveg. Høyresvingefelt kan benyttes uavhengig av trafikkmengdene, i henhold til Figur 6.1.4.



Figur 6.1.4: Behov for høyresvingefelt basert på trafikk i dimensjonerende time (V121, s. 35)

Lengden på høyresvingefeltet defineres gjennom lengdene L1 og L2, som vist i Figur 6.1.5.

- Lengden L2 er definert som distansen avkjøringsfeltet utvides fra «ingen bredde» til full bredde (som er 3.5 meter for H4-veg). L2 kalles også «overgangsstrekning».
- Lengden L1 er definert som distansen avkjøringsfeltet løper parallelt med hovedvegen og har full bredde.



Figur 6.1.5: Høyresvingefelt med trekantøy (mål i m) (modifisert, V121, s. 36)

Det følger av figuren at fartsgrense 80 km/t gir L1 lik 100 meter og L2 lik 30 meter, slik at høyresvingefeltets totale lengde settes til 130 meter. For å kontrollere at dimensjonerende kjøremåte tilfredsstilles, gjennomføres sporingsanalyse med modulvogntog.

3. Utforming av retardasjonsfelt for U-sving (venstresvingefelt)

I likhet med argumentasjonen for bruk av høyresvingefelt, vil venstresvingefelt muliggjøre venstresving uten at bakenforliggende trafikk behøver å foreta fartsreduksjon på deres vegne. Samtidig kan venstresvingefeltets overgangsstrekning (L2) brukes som overkjørbart areal for tunge kjøretøy ved høyresving fra sidevegen.

Hurtiggående hovedvegtrafikk behøver tilstrekkelig distanse for å redusere hastigheten i forkant av U-svingefeltet. Her finnes to muligheter:

- Mulighet 1: Lengder som for høyresvingefelt: Total lengde 130 meter

Situasjonen ligner også på venstresving fra hovedvegen i kanalisert T-kryss, slik at prinsipper herfra kanskje kan benyttes.

- Mulighet 2: Lengder som for venstresvingefelt i kanaliserte T-kryss

Lengdene L1 og L2 som benyttes for venstresvingefelt i kanaliserte T-kryss, beregnes ved hjelp av beregningsmodellen i Figur 6.1.6. Her vises brukte inngangsparametere, samt resulterende lengder. Samlet lengde på retardasjonsfeltet er 125 meter.

VENSTRESVINGEFELT
Beregning av lengder L1 og L2 for venstresvingefelt

Versjon 1.0 / 2012-12-12

Fartsgrense V, Velg fartsgrensen på stedet.

Stigning s [%] Velg stigning på primærvegen

Tungtrafikkandel [%] Velg tungtrafikkandel i kryssområdet

Trafikktall

← Cr Gjennomgående kjøt - ikke relevant for beregningen

← Cv Antall venstresvingende kjøt i dimensjonerende time

Antall kjøt i dim. time A →

← positiv stigningsretning

Krav til lengder av L1 og L2:

Lengde av L1	100	[m]
Lengde av L2	25	[m]

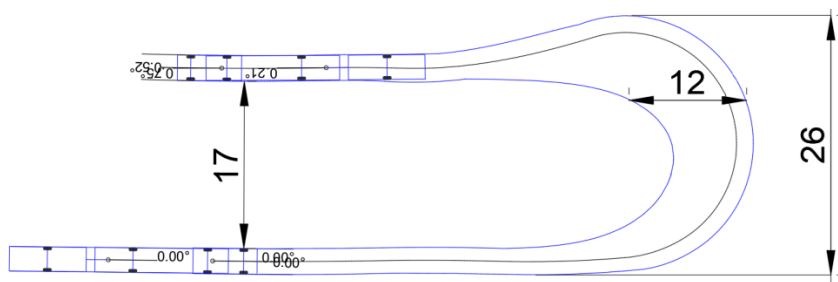
Figur 6.1.6: Utforming av venstresvingefelt i kanalisert T-kryss (V121, s. 31)

Venstresvingefeltets dimensjoner utarbeidet etter løsning 2, gir en strekning som er 5 meter kortere enn løsning 1. For symmetri og enkelhets skyld foreslås det å bruke 130 meter som dimensjonerende lengde på retardasjonsfeltet for U-sving. Beslutningen innebærer dermed at alle retardasjonsfelt i krysset blir 130 meter lange ($L1 = 100$ og $L2 = 30$)

Slik kan retardasjonsfeltet for U sving håndtere rundt ett ekstra kjøretøy i kømagasinet til enhver tid, sammenlignet med løsning 2. Dette kan være fornuftig, ettersom mulighet for direkte venstresving er eliminert, og flere kjøretøystrømmer avhenger av å benytte kjørefeltet for å utføre tiltenkte svingebevegelser.

4. Utforming av U-svingefelt

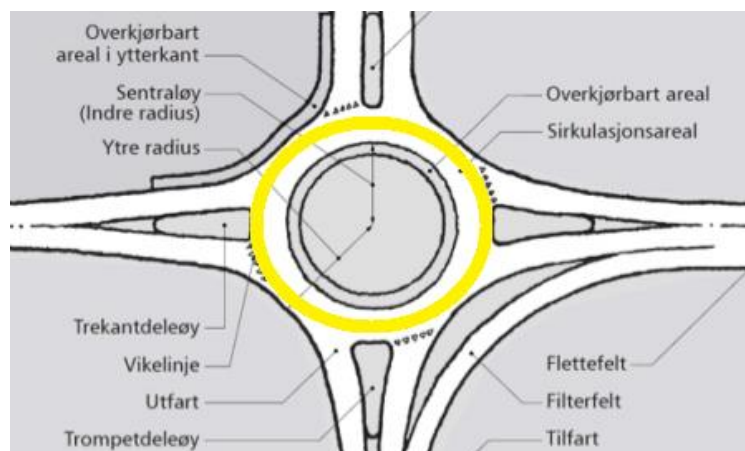
Utforming av U-svingefeltet har tett sammenheng med bredden på hovedtrafikkøya, som igjen avhenger av sporingskurver til dimensjonerende kjøretøy. For H4-veg, er modulvogntog (MVT) dimensjonerende kjøretøy, og skal sikres framkommelighet etter kjøremåte A. For å finne nødvendig plass for U-sving for modulvogntog, ble det foretatt sporinger. En representativ sporing er vist i Figur 6.1.7. Figuren viser størrelsesorden på dimensjoner som må oppfylles, og det framkommer at kjøretøyet har behov for «kraftig» breddeutvidelse. Dermed trengs en diskusjon vedrørende krav til breddeutvidelse i vanlige kryss.



Figur 6.1.7: Sporing av U-sving for MVT (mål i meter)

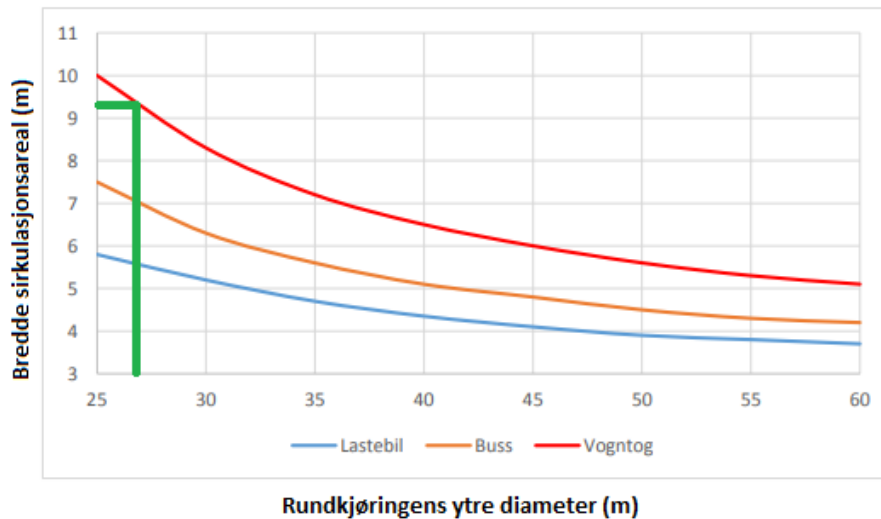
Sammenligning av U-svingefelt med sirkulasjonsareal i rundkjøring

Det kan trekkes paralleller mellom sporingen av U-sving i Figur 6.1.7, og påkrevd kjørefeltbredde i sirkulasjonsarealet til rundkjøringer. Parallellen kan være av interesse ved utforming eller «kontroll» av U-svingefeltets bredde, og kan forsvares med at RCUT kan tenkes å erstatte rundkjøringer på veger der «NA-rundskriv 2015/14» fjerner denne muligheten. V121 stiller krav nødvendig kjørefeltbredde i sirkulasjonsarealet, som vist i Figur 6.1.8.



Figur 6.1.8: Definisjon av sirkulasjonsareal (gult) i rundkjøringer (modifisert, V121, s. 55)

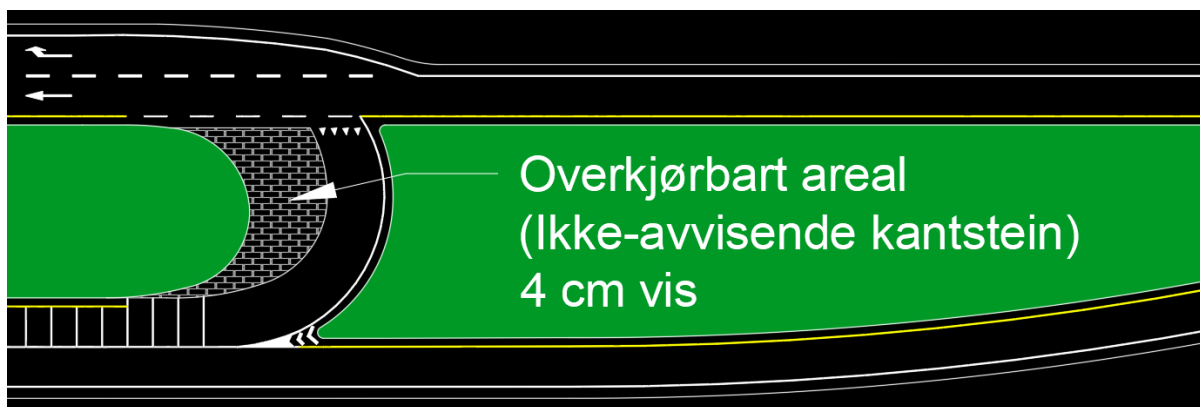
Det stilles krav til minste bredde på sirkulasjonsarealet for å sikre framkommelighet etter kjøremåte A for ulike dimensjonerende kjøretøy. Feltbredden vises som funksjon av rundkjøringens ytre diameter. «NA-rundskriv 2015/14» legger nye krav, vist i Figur 6.1.9.



Figur 6.1.9: Krav til minste kjørefeltbredde i sirkulasjonsarealet (NA-rundskriv 2015/14)

Ytre mål på springen i U-svingen benyttes for å bestemme bredden på U-svingefeltet. Det legges derfor inn linje i diagrammet som svarer til en ytre diameter på ca. 26 meter, samsvarende med springen. «Sirkulasjonsfeltet» bør dermed gjøres minst 9,5 meter bredt. Det er verdt å bemerke at U-svingefeltet ikke trenger konstant kjørefeltbredde. Feltet kan ha gradvis breddeutvidelse som svarer til springen. I tillegg bør det anrettes noe ekstra sikkerhetsmargin gjennom bruk av vegskuldre. I den foreslåtte utformingen gjøres dette med skulderbredde 0,75 meter i yttersving. N100 stadfester at H4-veg krever 1,0 meter skulder, men ettersom feltet er meget bredt allerede, anses dette som overflødig.

I innersving anrettes overkjørbart areal for å kanalisere personbilene slik at disse ikke oppfatter U-svingefeltet som bestående av to (eller flere) kjørefelt. Det overkjørbare arealet bør videre utformes slik at trafikanter i personbiler finner det naturlig å vike tilnærmet vinkelrett på hovedvegen. En prinsippsskisse av U-svingefeltet er vist i Figur 6.1.10. Her er fartsnivået sammenlignbart med en rundkjøring, hvor det ville vært naturlig å anrette slike overkjørbare arealer.



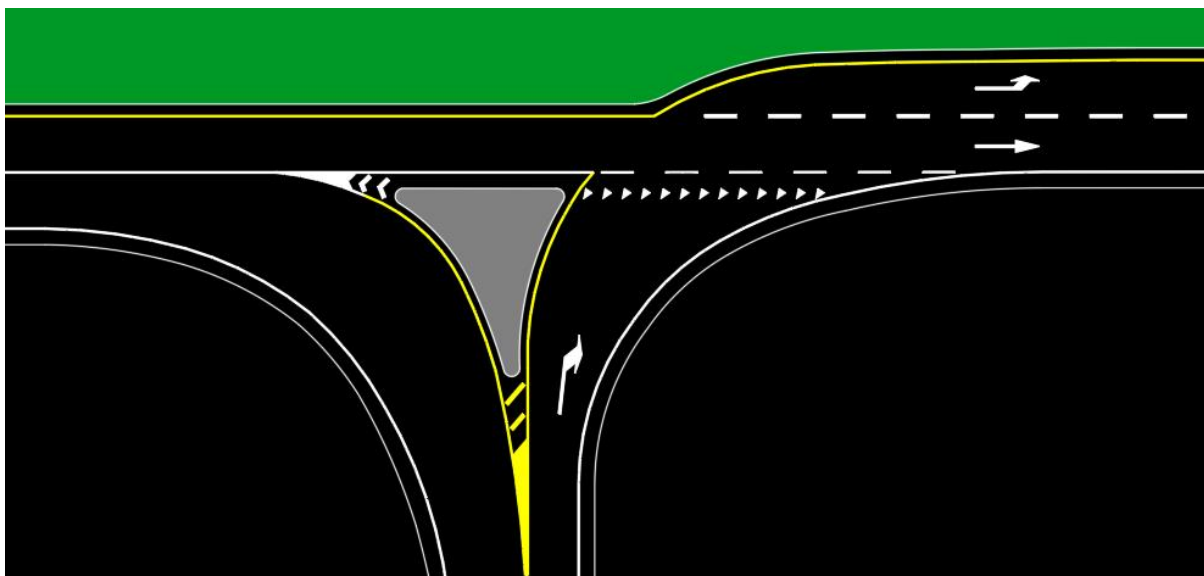
Figur 6.1.10: Oversikt over U-svingefeltets utforming

I tillegg er det viktig at området utformes på en slik måte at utilsiktet høyresving ut i motgående kjøreretning ikke oppfattes som naturlig. Det er like viktig å sørge for at hovedvegtrafikken ikke utfører direkte venstresving inn hit. Her anrettes tydelig kanalisering med krapp hjørneavrunding, som oppfordrer til riktig oppførsel. Løsningen sørger også for nødvendig manøvreringsareal for tunge kjøretøy. Disse kan benytte høyresvingefeltet som breddeutvidelse.

5. Utforming av hovedkryss

Utformingen av hovedkryssene beror på vurderingene listet opp i det følgende. Disse avhenger av hverandre, og en prinsippskisse er vist i Figur 6.1.11. Det finnes to hovedkryss i RCUT, ett ved hver påkobling av sideveg. Krysset er symmetrisk, og derfor betraktes kun søndre hovedkryss i utredningen.

1. Utforming av trafikkøyt på sideveg
2. Plassering av trafikkøya
3. Valg av antall kjørefelt på sidevegens tilfart
4. Modifikasjoner av overgangstrekingen (L2) for venstresvingefeltet

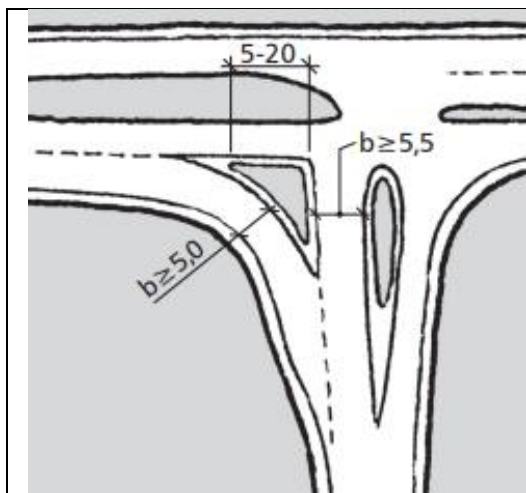


Figur 6.1.11: Prinsippskisse for hovedkryss i RCUT

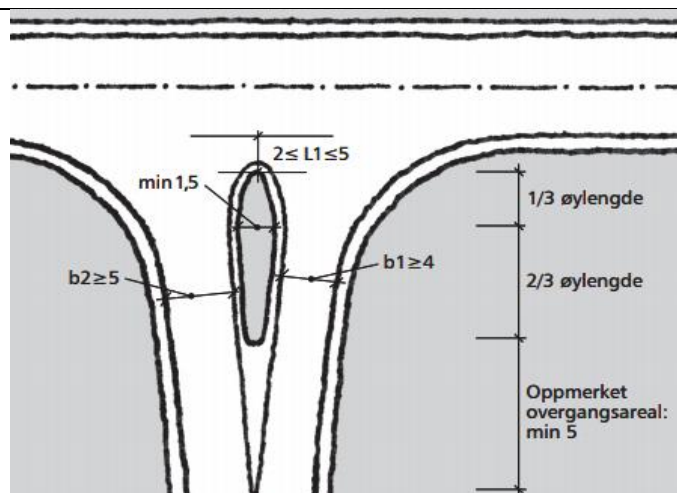
Utforming av trafikkøy på sideveg

Trafikkøya på sideveg tenkes utformet som en «modifisert trompetøy» med likhetstrekk til øyene som anvendes i rundkjøringer. Bruk av en slik modifisert trompetdeleøy vil kunne fungere godt, ettersom muligheten for direkte venstresving er fjernet. Det forutsettes at trompetdeleøyen skal lede trafikken på sideveg til å utføre høyresving, istedenfor utilsiktet venstresving i motsatt kjørebane. Samtidig skal høyresvingende trafikk fra hovedveg ledes inn på sidevegen. På mange måter er dette sammenlignbart med rundkjøringer. Geometrien må likevel tilpasses den aktuelle situasjonen. Trompetøyer som benyttes i rundkjøringer har ofte slak avbøying ettersom gjennomkjøring tillates. Den aktuelle løsningen krever en betraktelig større avbøying for å lede sidevegtrafikken nærmest «vinkelrett» ut på hovedvegen mot høyre. I tillegg skal trafikkøya lede høyresvingefeltet sammen med sidevegen, og dermed tydelig markere divergens mellom gjennomgangstrafikk og høyresving.

Den foreslåtte trafikkøya utformes som en «kombinasjon» av trekantøya i Figur 6.1.12 og trafikkøya i Figur 6.1.13. V121 krever at førstnevnte anrettes med en lengde parallelt med hovedvegen på mellom 5 og 20 m (V121, s. 39). Tilsvarende innfris kravene til sistnevnte trafikkøy ved at denne etableres med en lengde på 10 m langs sidevegen (V121, s. 30). Hjørnene avrundes hjørnene med $R = 0,5$ m.

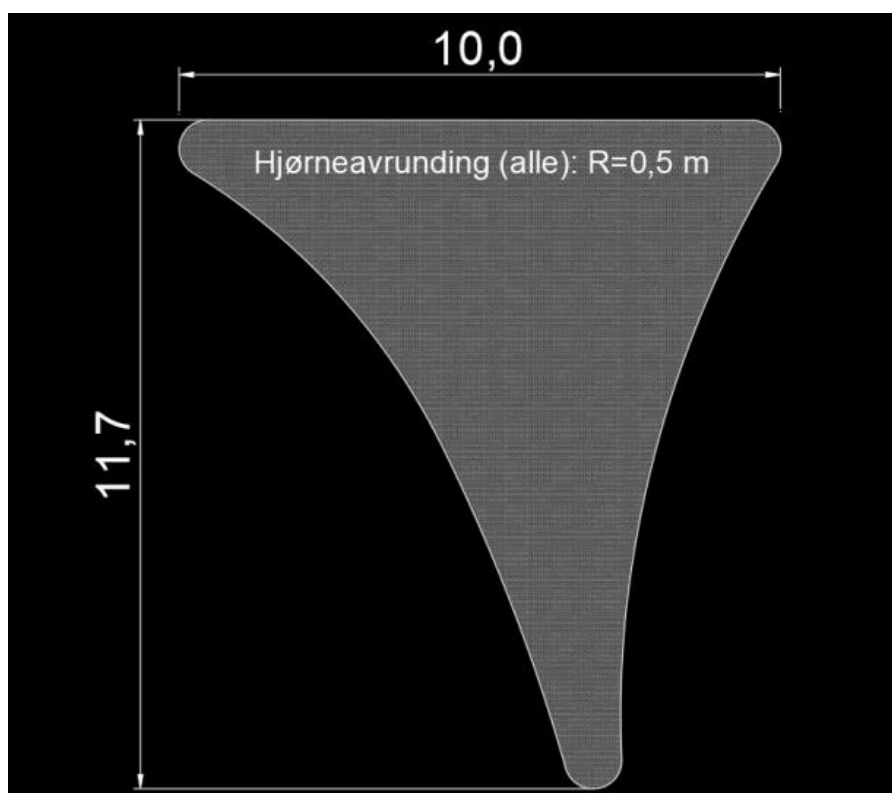


Figur 6.1.12: Utforming av trekantøy (mål i meter) (V121, s. 39)



Figur 6.1.13: Utforming av trafikkøy i sekundærveg (mål i meter) (V121, s. 30)

Kravene i V121 angående utforming av trekantøy «smeltes» sammen med kravene til trafikkøy på sideveg, og det etableres en løsning som tilfredsstillende begge. Øya anrettes med lengde 11,7 meter parallelt sidevegen. Mål på trafikkøya foreligger i Figur 6.1.14. Trafikkøyas øvrige utforming gjøres som forklart i følgende delkapittel.



Figur 6.1.14: Dimensjoner på trafikkøy i sideveg (mål i meter)

Plassering av trafikkøya

Det foreligger en vesentlig forskjell mellom sideøya som anrettes i RCUT og trafikkøya som brukes i kanalisert T-kryss. Trafikkøya skal anrettes langs sidevegen med en distanse 2-5 meter fra hovedvegens kjørebane kant, i henhold til Figur 6.1.13. Plasseringen imøtekommer behovet for at kjøretøy i T-kryss skal kunne utføre venstresving. I RCUT skal sidevegtrafikken kun foreta høyresving. Ved å plassere trafikkøya én meter fra kjørebane kant, reduseres muligheten for utilsiktet venstresving fra sideveg. At trafikkøya trekkes bakover eksakt én meter har bakgrunn i at H4-veg har 1,0 meter skulder, og at det er naturlig å beholde skulderbredden gjennom krysset. «Tilbaketrekning» på 1,0 meter er også påkrevd for trekantøya i Figur 6.1.12, da hovedvegens fartsgrense er > 60 km/t (V121, s. 39).

Valg av antall kjørefelt på sidevegens tilfart

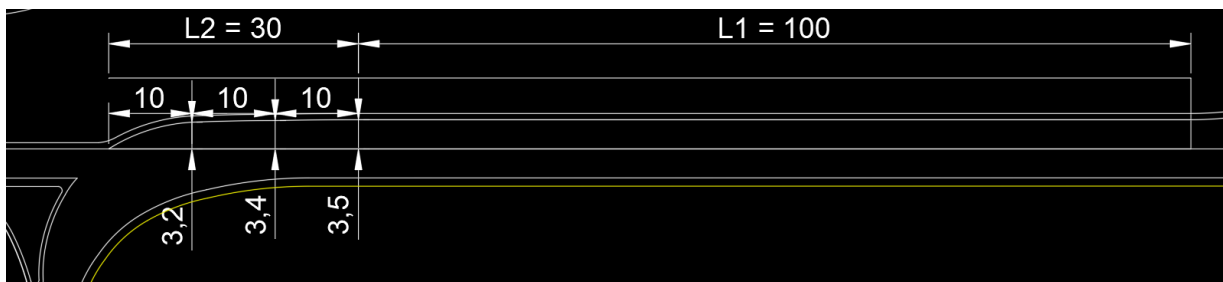
Den foreslåtte utformingen av krysset er basert på at sidevegtrafikk som ønsker å utføre U-sving, krysser gjennomgangstrafikkens kjørefelt umiddelbart, og legger seg direkte i retardasjonsfeltet. Venstresvingefeltet tenkes å begynne umiddelbart etter krysset, slik at krysset ikke blir lenger enn nødvendig. Dette innebærer at saktegående, venstresvingende sidevegtrafikk ikke hindrer gjennomgangstrafikken.

Dette legger riktignok opp til én spesifikk misforståelse som beror på konvensjonell kjøreadferd. Vanligvis vil trafikanter være vant med å utføre denne bevegelsen i to operasjoner, nemlig høyresving på hovedveg (1) etterfulgt av feltbytte mot inn i venstresvingefeltet (2). Det foreslås derfor at retardasjonsfeltet utformes som en naturlig «forlengelse» av sidevegen. For å sikre manøvrerbarhet for modulvogntog, er det nødvendig med breddeutvidelse av påkoblingen mellom sidevegtilfarten og hovedvegen. I likhet med U-svingefeltet kan det være aktuelt å anrette et overkjørbart areal i innersvingen, for å unngå at personbilister plasserer seg «to i bredden» på tilfarten.

Modifikasjoner av overgangsstrukningen (L2) for venstresvingefeltet

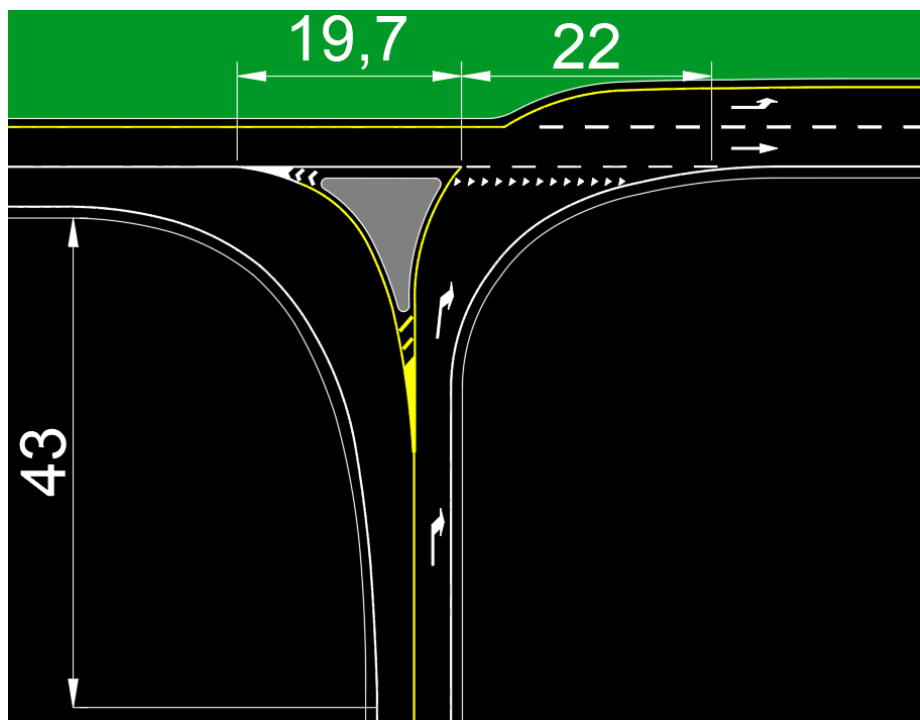
Den planlagte «forlengelsen» av kurvaturen for å tydeliggjøre direkte høyresving inn i venstresvingefeltet, nødvendiggjør «kosmetiske» endringer i venstresvingefeltets utforming. Endringene knytter seg til overgangsstrukningen L2, som nå må utføres med krapp breddeutvidelse i starten. Dette står i motsetning til den slake linjeføringen med jevn breddeutvidelse som er tiltenkt her.

Konsekvensene av krapp breddeutvidelse bør drøftes, sett i lys av kjøretøy som ankommer fra hovedvegen. Det ses ingen praktiske problemer med «å stramme opp» breddeutvidelsen i begynnelsen av L2. Venstresvingende hovedvegtrafikk tenkes enten å passere fullstendig, eller bevege seg minimalt over i venstresvingefeltet, gjennom lengden L2. Denne bevegelsen tenkes gjort i en hastighet på i størrelsesorden 80 km/t, og trafikanter på hovedvegen vil neppe «slavisk» følge geometrien dersom den åpenbart er for krapp. I tillegg er venstresvingefeltet såpass langt at trafikantene har godt med tid til å legge seg over i riktig felt. Breddeutvidelsen utføres hovedsakelig over en tredjedel av lengden L2, som vist i Figur 6.1.15.



Figur 6.1.15: Dimensjoner i tilknytning til venstresvingefeltet (mål i meter)

Slik anrettes dimensjoner for hovedkrysset som vist i 6.1.16. Dimensjonene tilfredsstiller gjennomkjørbarhet for dimensjonerende kjøretøy, vist i Tabell 6.1.1.

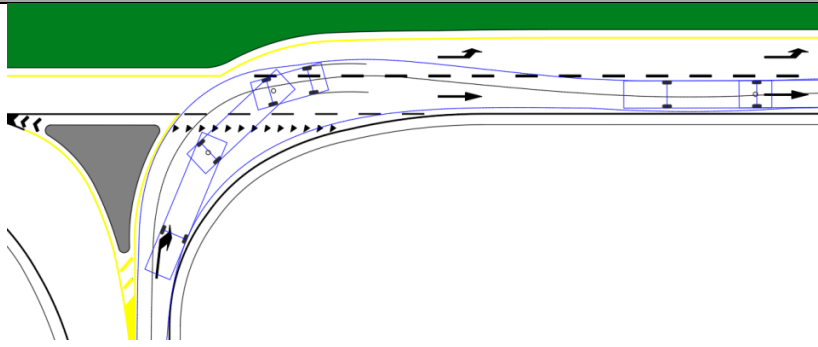
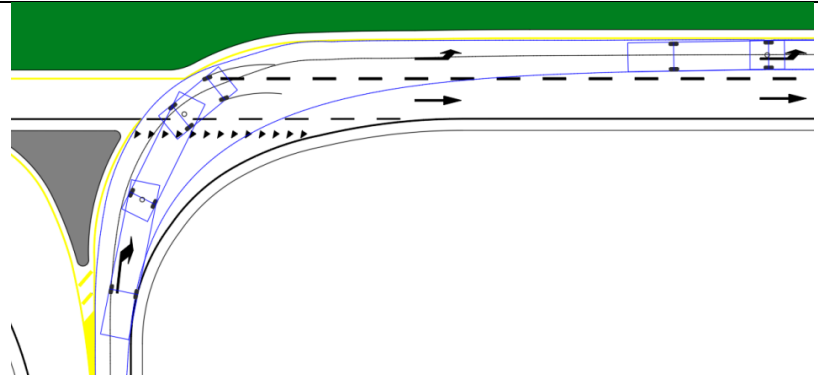
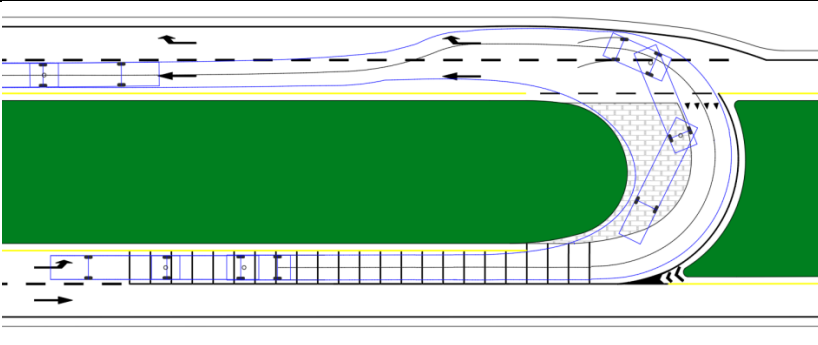


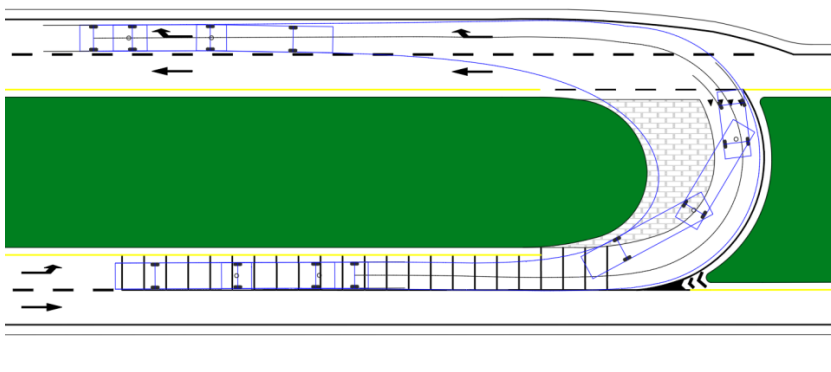
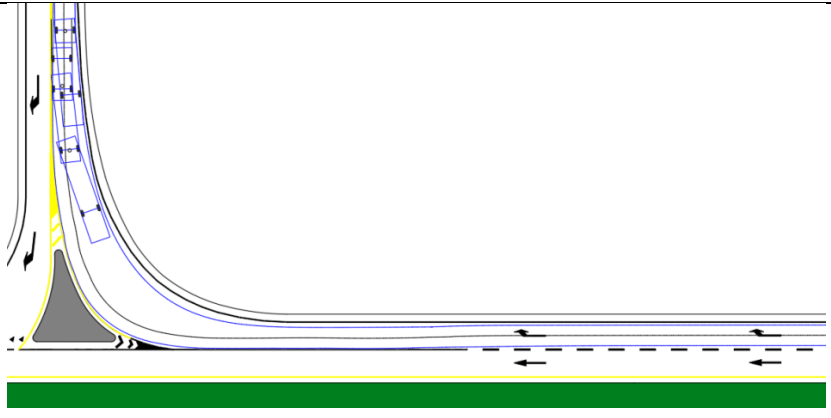
Figur 6.1.16: Dimensjoner hovedkryss (mål i meter)

6. Spring for dimensjonerende kjøretøy

Kryssområdet dimensjoneres med sporingskurver for modulvogntog, som skal sikres kjøremåte A. Springene for MVT3 er vist i Tabell 6.1.1. Krysset er symmetrisk, slik at tabellen gir fullstendig oversikt over svingebevegelsene. Springinger for MVT1 og MVT2 er å finne i Vedlegg E.

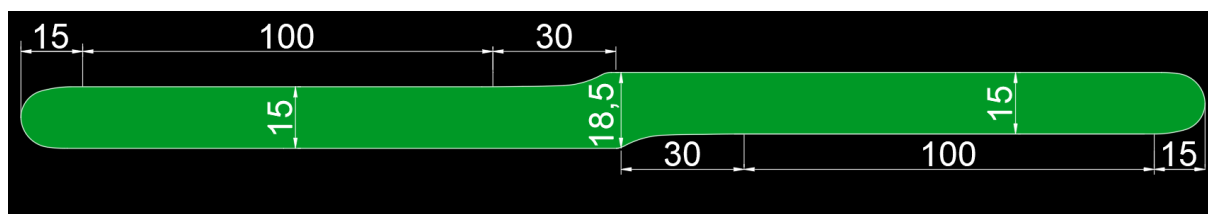
Tabell 6.1.1: Spring av MVT3 for RCUT

Bevegelse og kommentar	Figur
<p>Svingebevegelse: Høyresving fra sideveg til hovedveg</p> <p>Kommentar: Kjøremåte A er sikret for bevegelsen</p>	
<p>Svingebevegelse: Høyresving fra sideveg direkte til retardasjonsfelt for U-sving</p> <p>Kommentar: Kjøremåte A er sikret for bevegelsen</p>	
<p>Svingebevegelse: U-sving til hovedveg</p> <p>Kommentar: Kjøretøyet benytter noe av høyresvingefeltet som overkjørbart areal.</p>	

<p>Svingebevegelse: U-sving direkte til høyresvingefelt</p> <p>Kommentar: Kjøremåte A er sikret</p>	
<p>Svingebevegelse: Høyresving fra hovedveg</p> <p>Kommentar: Kjøremåte A er sikret for bevegelsen</p>	

7. Utforming av hovedtrafikkøy

Hovedtrafikkøyas funksjon er å separere motgående trafikk på hovedvegen, samt tilrettelegge for U-sving. Hovedtrafikkøya tilpasses sporing av U-sving med modulvogntog. Hovedtrafikkøya innsnevres på begge sider for å gjøre plass til venstresvingefeltene. Symmetri i krysset oppnås ved at det anrettes et snaut 4 meter langt område som er én kjørefeltbredde bredere enn hovedtrafikkøya ellers. Selve venstresvingefeltet avsluttes før krumningen av U-svingefeltet begynner. Slik oppnås ekstra «buffer» for retardasjon. Dette nødvendiggjør den 15 meter «ekstra» lengden i tilknytning til U-svingefeltene, se Figur 6.1.17.



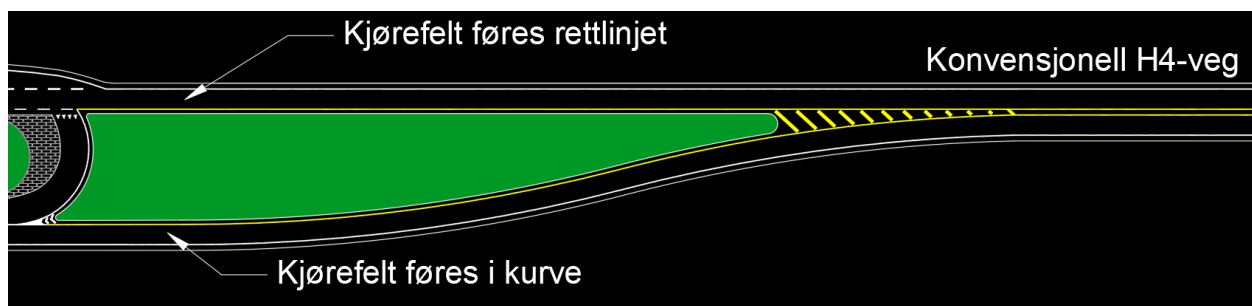
Figur 6.1.17: Dimensjoner i tilknytning til hovedtrafikkøy (mål i meter)

8. Utforming av sideøyer

Sideøyene har følgende funksjoner i krysset:

- Separere motgående kjøreretninger på hovedvegen slik at det bygges plass til hovedtrafikkøya mellom dem (samt at kjørefeltene samles igjen i «motsatt» ende)
- Tilrettelegge for god sikt for trafikanter som utfører U-sving
- Hindre utilsiktet sving fra hovedveg inn på U-svingefelt, og motsatt

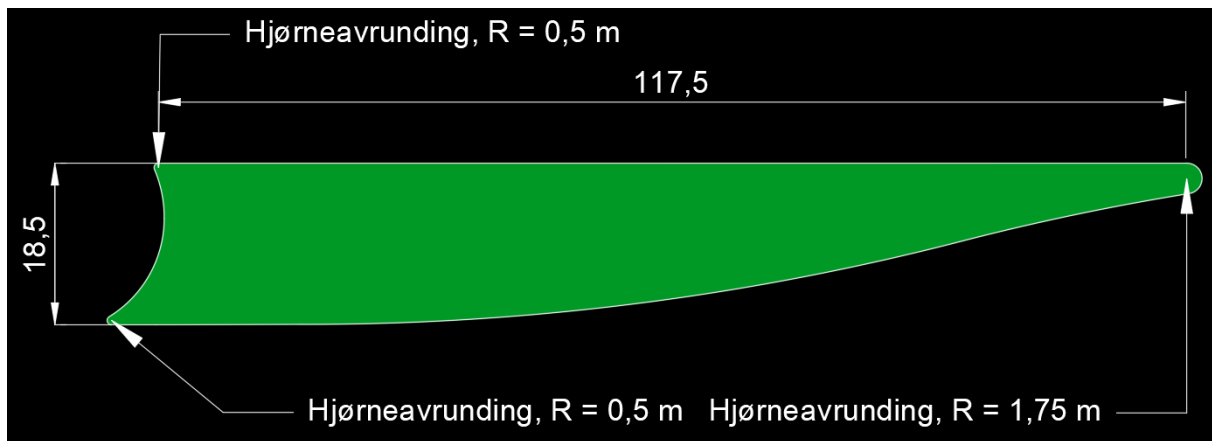
Det foreslås at feltene samles slik at vikende kjøretøy i U-svingefelt får kryssende trafikk «vinkelrett» fra høyre. Dette medfører at sideøyens innsnevring foregår på «motsatt» side. Den valgte løsningen, vist i Figur 6.1.18, gir trafikantene rette siktlinjer mot høyre, slik at U-svingen kan gjennomføres på en trygg måte. I løsningsforslaget er vendekurven i tilknytning til sideøya utført med minste horisontalkurveradius for H4-veg, $R = 300$ meter (N100, s. 45).



Figur 6.1.18: Prinsippskisse av sideøy

Gjenstående vurdering er detaljutforming av sideøya. Her legges stor vekt på hjørneavrunding, som trengs på tre ulike steder. To avrundinger kreves ved U-svingefeltet, samt én avrunding ved trafikkøyas endepunkt. Det foreslås at avrundingene ved U-svingefeltet utformes etter krav for trafikkøyer i vegkryss, med $R = 0,5$ meter. Det anses som hensiktsmessig å benytte minste tillatte radius, slik at geometrien understreker at U-sving mot venstre er tiltenkt bevegelse. Avrundingen kan også bidra til å understreke for hovedvegtrafikken at venstresving inn i U-svingefeltet ikke er tillatt.

Avrundingen ved sammenføring av motgående kjørefelt, fastsettes skjønnsmessig til $R = 1,75$ meter. Denne avrundingen er bestemmende for sperreområdets lengde, og tilpasses etter stedlige forhold. sentrale dimensjoner på sideøya er vist i Figur 6.1.19.



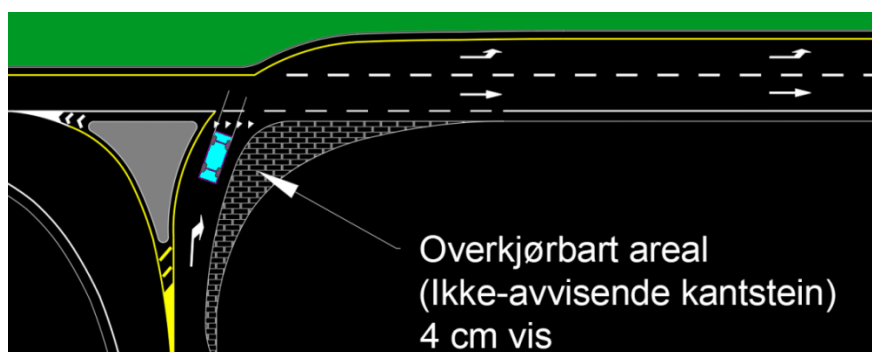
Figur 6.1.19: Dimensjoner knyttet til sideøyer (mål i meter)

8. Alternativ løsning: Overkjørbart areal på sidevegtilfart

Den foreslåtte utformingen av hovedkryssene medfører stor kjørefeltbredde på sidevegtilfarten for å tilfredsstille kjøremåte A for modulvogntog. Dette kan medføre problemer for mindre kjøretøy, ettersom geometrien muliggjør samtidig oppstilling av høyre- og venstresvingende personbiler. Dette er en situasjon som bør unngås fra et sikkerhetsperspektiv. Det foreslås derfor å anrette overkjørbart areal på tilfartens høyre side.

«NA-rundskriv 2015/14» gir krav til detaljutforming av overkjørbare arealer. Rundskrivet presiserer at «*overkjørbart areal skal utformes med ikke-avvisende kantstein med 4 cm vis. Helning på det overkjørbare arealet skal være 3-4 %.*». Figur 6.1.20 viser et løsningsforslag.

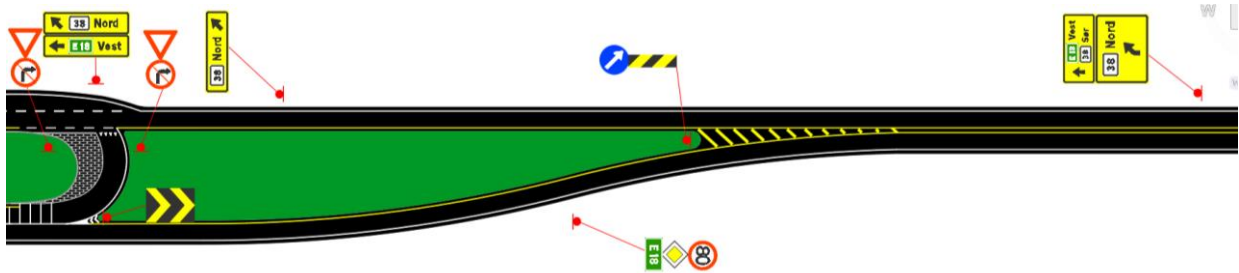
I utformingsforslaget er kantsteinen anrettet 1 meter fra stiplede kantlinjen på hovedvegen. Det foreligger ikke konkrete krav verken i rundskrivet eller i håndbøkene til bruk av overkjørbare arealer i såpass direkte tilknytning til hovedveg. Det bør derfor utredes om det er forsvarlig for gjennomgangstrafikken å etablere kantstein såpass nært kjøretøy i høy fart.



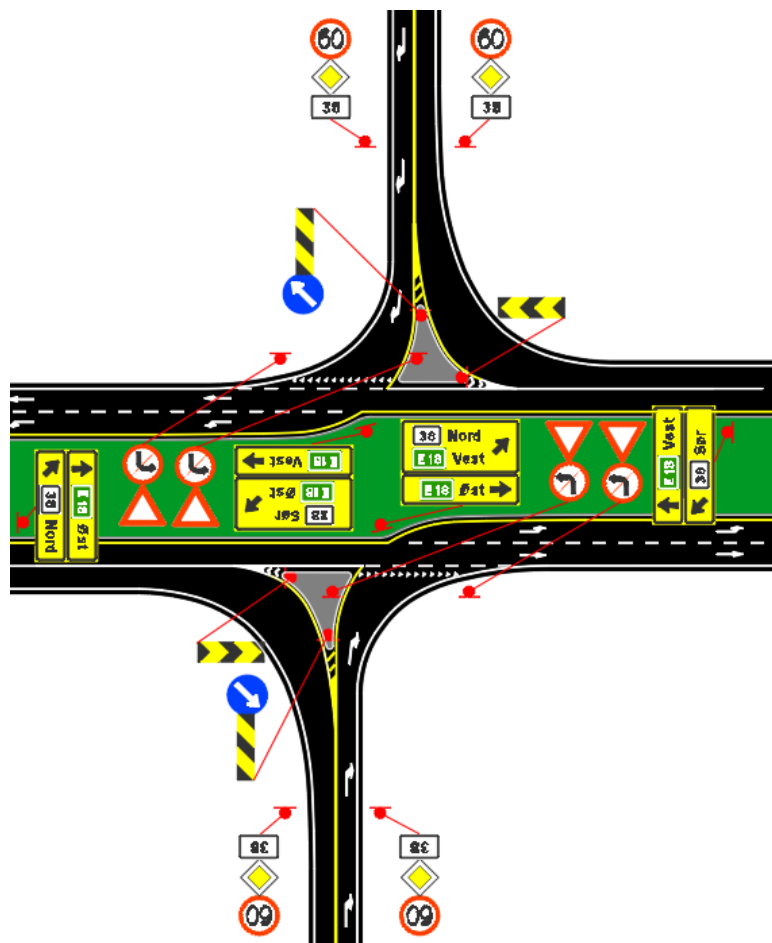
Figur 6.1.20: Foreslått bruk av overkjørbart areal på sidevegtilfart

6.2 Skiltplan

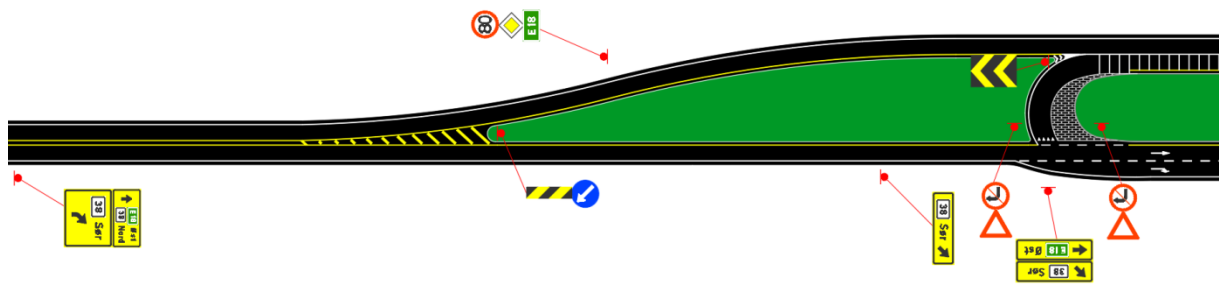
Et forslag for skiltplan med standardskilt er vist i Figurene 6.2.1 – 6.2.3. Deretter følger en gjennomgang av løsninger som kan kreve spesielle fravik eller ny utforming. Til slutt, utføres en sammenligning med skiltplaner for to RCUT-løsninger fra USA. En tabulert oversikt over standardskiltene i skiltplanen er å finne i Vedlegg F. Her følger også antall skilt av hver type, samt merknader.



Figur 6.2.1: Skiltplan RCUT – øst



Figur 6.2.2: Skiltplan RCUT – hovedkryss



Figur 6.2.3: Skiltplan RCUT – vest

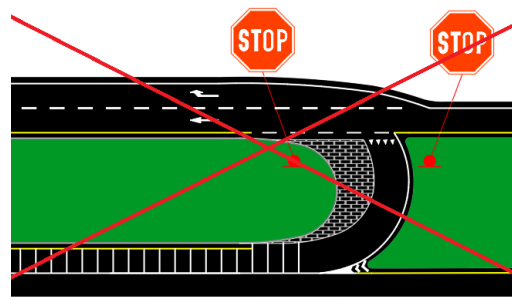
Diskusjon av alternative løsningsforslag

Her betraktes alternativ løsningsforslag knyttet til skilting. Fordeler og ulemper drøftes, og det forklares hvorfor løsningen velges eller forkastes i den etablerte skiltplanen. Diskusjonen knytter seg til følgende punkter:

1. Bruk av «vikeplikt» eller «stopp» ved U-sving
2. Bruk av 330 «Svingeforbud» vs. 402 «Påbudt kjøreretning»
3. Plassering av skilt for «forkjørsveg» og «fartsgrense» etter krysset
4. Type og plassering av vegvisningsskilt
5. Alternative vegvisningsskilt

1. Bruk av «vikeplikt» eller «stopp» ved U-sving

Argumentet for å benytte stoppskilt ved U-sving er at krysset kommer i etterkant av en krapp kurve, der det kan oppleves som vanskelig å vurdere avstander til motgående kjøretøy. Forslaget er vist i Figur 6.2.4 Bruk av stoppskilt kan sannsynligvis være den mest trafikksikre løsningen, men kan også redusere trafikkavviklingskvaliteten. Særlig kan dette være problematisk i perioder med stor mengde avsvingende kjøretøy, der det kan oppnå ansamling av kjøretøy på retardasjonsfeltet.



Figur 6.2.4: Stoppskilt ved U-sving

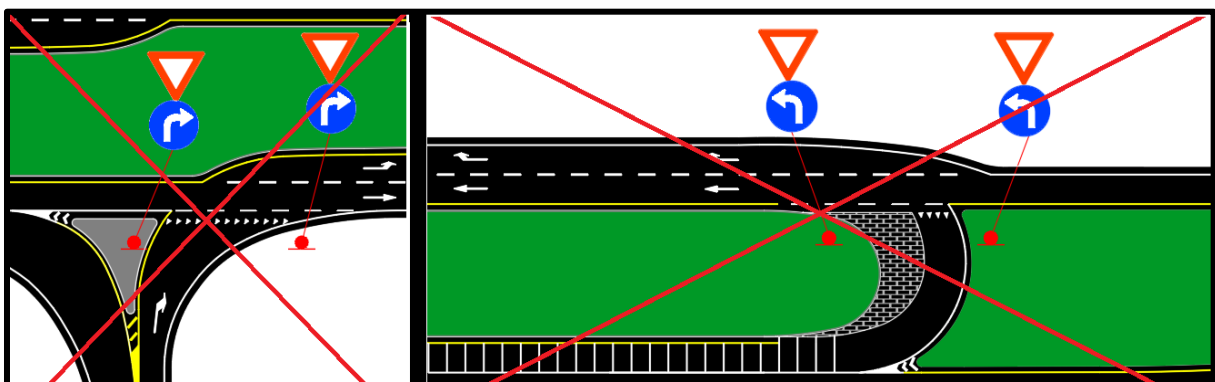
Alternativet til stoppskilt er et konvensjonelt vikepliktskilt. Det vedlagte forslaget til skiltplan benytter denne løsningen. Valget begrunnes med at man over lang tid har god oversikt over trafikkstrømmen det skal vikes for. Geometrien er anlagt slik at «motgående» krysser U-svingefeltet vinkelrett. Helt fra punktet trafikanter entrer retardasjonsfeltet er det lange siktlinjer, slik at motgående trafikkstrøm kan bedømmes. I tillegg skal det kun tas hensyn til én trafikkstrøm, slik at bruk av stoppskilt kan være litt unødvendig i så måte. Det påpekes riktignok at bruk av vikepliktskilt må vurderes grundig, og at stoppskilt kan anses som en vel så god løsning. Skiltene anrettes på begge sider av U-svingefeltet, fordi større kjøretøy vil legge seg naturlig i yttersving, mens personbiler mest sannsynlig vil stå et sted i mellom.

2. Bruk av 330 «Svingeforbud» vs. 402 «Påbudt kjøreretning»

Diskusjonen vedrørende bruk av «svingeforbud» eller «påbudt kjøreretning» er relevant både for U-svingefeltet og kryssene mellom hovedveg og sideveg. I disse områdene er det viktig å unngå utilsiktet utkjøring i motgående kjørefelt. For U-svingefeltet må sving til høyre unngås. For kryssene må venstresving unngås. «Påbudt kjøreretning» anses som fornuftig skilt i begge tilfeller, ettersom det menes på generelt grunnlag at «å bli instruert til å gjøre noe» er mer retningsgivende enn «å bli instruert til *ikke* å gjøre noe», slik svingeforbudet impliserer. Likevel kan påbudt kjøreretning være misvisende, ettersom det (i begge avkjørslelene) foreligger ulike veivalg etter utført sving. Dette gjelder to kjøretøybevegelser:

- Høyresving fra sideveg med påfølgende ønske om U-sving.
- U-sving med påfølgende ønske om høyresving

Ved bruk av «påbudt kjøreretning» kan trafikanter bli feilaktig informert til å tro at de *må* fortsette «rett fram» etter svingen, hvilket ikke er tilfelle. Se Figur 6.2.5.



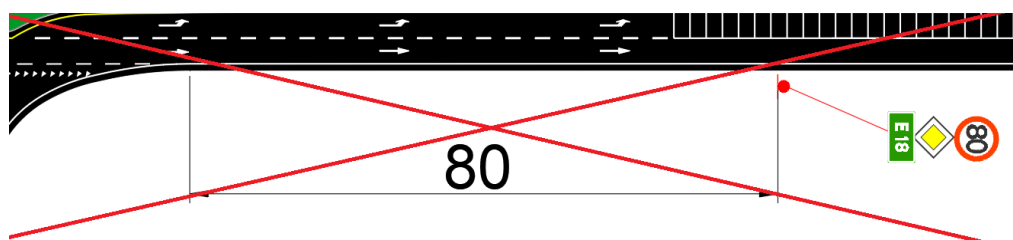
Figur 6.2.5: Bruk av påbudt kjøreretning

Med bakgrunn i tvetydigheten som kan oppstå ved bruk av «påbudt kjøreretning», anses det som mest fornuftig å skilte for å poengtere *den eneste ulovlige svingebevegelsen* for hvert område. Dette blir da skilting av forbud mot venstresving for sideveg, samt forbud mot høyresving i U-svingefeltet. Dette kan også bidra til å skape en bedre tolkning av krysset, som i og for seg har en del fellestrekk med en rundkjøring – en krysstype norske trafikanter har et godt forhold til allerede. Det vedlagte skiltforslaget benytter denne løsningen.

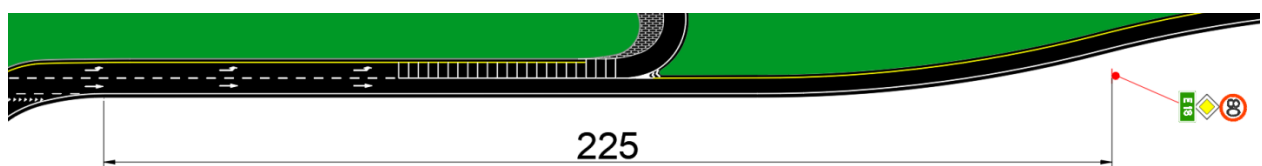
3. Plassering av skilt for «Forkjøringsveg» og «fartsgrense» etter krysset

Den foreslåtte skiltplanen bruker fartsgrenseskilt, forkjøringsvegskilt og vegruteskilt på samme stolpe i etter krysset. I den forbindelse skal forkjøringsvegskiltet «*gjentas 40 - 80 m etter vegkryss*» (N300, del 2, s. 105). Tilsvarende skal fartsgrenseskilt anrettes «*slik at det alltid vil være et fartsgrenseskilt synlig innen 100 m avstand når det svinges inn på vegen*» (N300, del 3, s. 55). Begge kriteriene tilfredsstilles gjennom plassering i henhold til forkjøringsvegskiltets krav. Denne lengden måles fra punktet der høyresving anses som fullført.

Dette medfører, som vist i Figur 6.2.6, at fartsgrense- og forkjørsskiltet blir godt synlig for kjøretøy som skal utføre U-sving. Dette kan skape forvirring, og det anses som fornuftig at skiltene plasseres utenfor synsvidde for U-svingende trafikk. Det foreslås derfor å anrette disse skiltene i en viss avstand fra retardasjonsfeltets (venstresvingefeltets) divergens, slik at skiltet ikke oppfattes av U-svingende kjøretøy. Skiltet foreslås etablert en avstand på 225 meter fra avsving fra sidevegen, som vist i Figur 6.2.7. Denne løsningen er således ikke i overensstemmelse med skiltnormalen, men bør vurderes.



Figur 6.2.6: Plassering av fartsgrenseskilt og forkjørsskilt i henhold til krav i N300



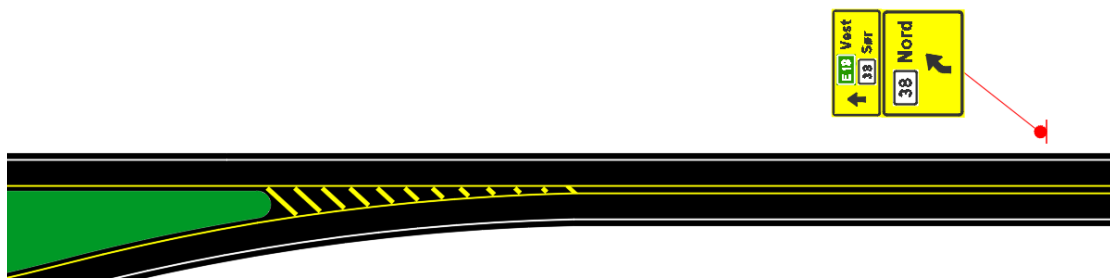
Figur 6.2.7: Foreslått plassering av fartsgrenseskilt og forkjørsskilt i skiltplanen

4. Diskusjon vedrørende type og plassering av vegvisningsskilt

Foreslått skiltplan bruker kjente skilt på utradisjonelle måter. Det vil kunne utarbeides spesialskilt for RCUT. Særlig i forbindelse med forvarsling kan dette være hensiktsmessig. Forslag til forvarslingsskilt vil ikke bli presentert eller diskutert her. Diskusjonen vil derimot fokusere på hvordan konvensjonelle skilt kan brukes. For best mulig visuell oversikt, gjennomgås skiltene separat. Krysset er symmetrisk, og skiltingen er tilsvarende på den «motsatte» siden.

Forvarsling

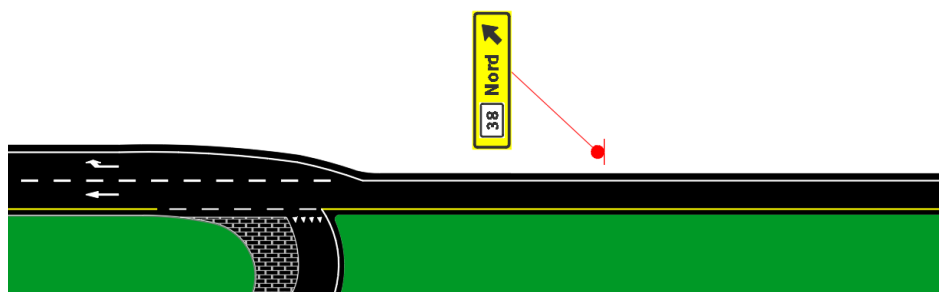
Skiltingen må *ikke* innby til utilsiktet venstresving inn på U-svingefeltet og over i motsatt kjøreretning. Derfor skiltes bevegelsen som i realiteten er «kommende venstresving» som «rett fram», i forkant av U-svingefeltet for motgående kjøreretning. Dette hindrer trafikanter i å utføre venstresving «for tidlig». Samtidig varsles høyresvingen, vist i Figur 6.2.8.



Figur 6.2.8: Forvarsling langs hovedveg før krysset

Varsling om høyresvingefelt

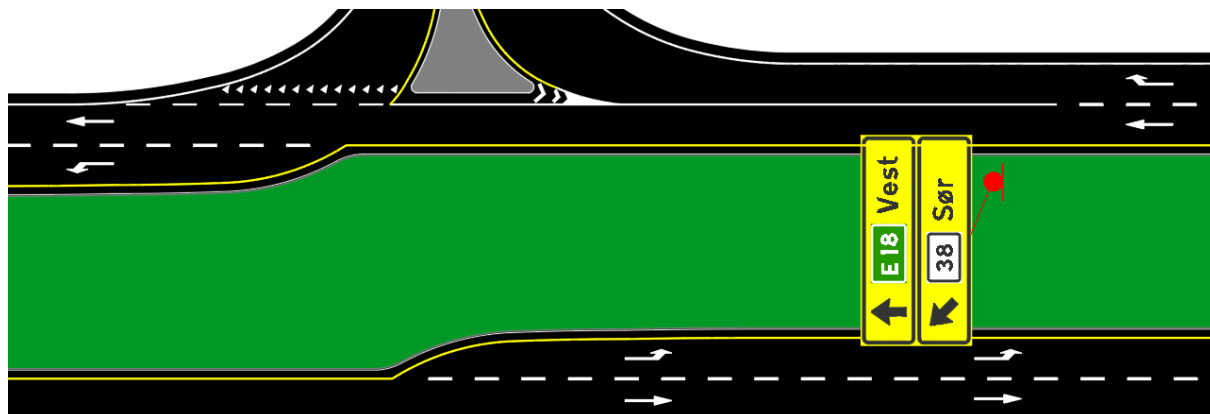
Rett før høyresvingefeltet begynner, settes det opp ett enkeltstående skilt på høyre side av vegen som varsler at høyresvingefeltet begynner. Dette er vist i Figur 6.2.9. Det skiltes fortsatt ikke om venstresving.



Figur 6.2.9: Varsling om høyresvingefelt

Varsling om venstresving og bekreftelse av gjennomkjøring

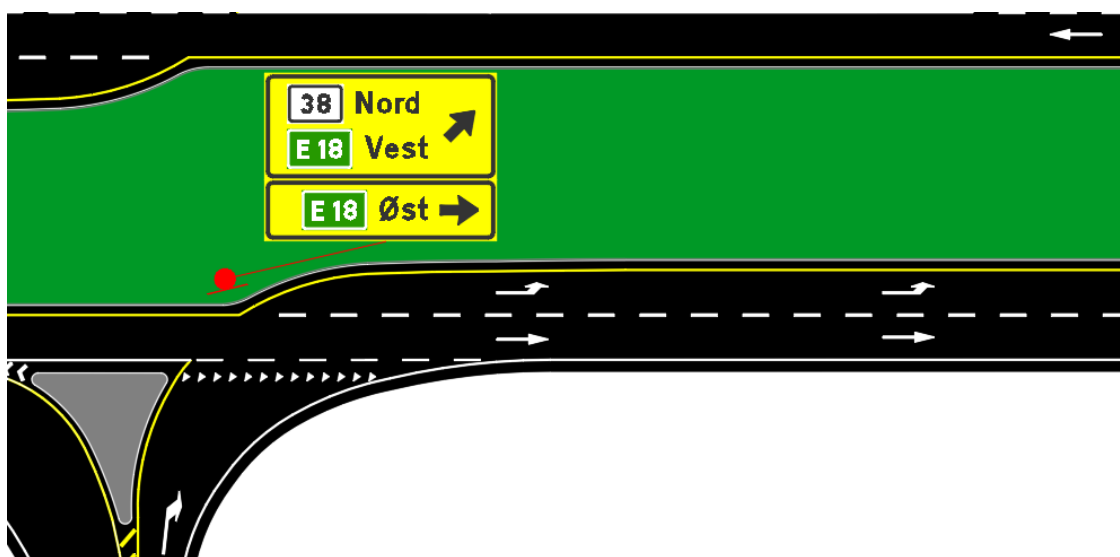
I flukt med starten av sperrelinjen for høyresvingefeltet, anrettes skilt som informerer om det kommende venstresvingefelt for U-sving, samt en bekreftelse av at gjennomkjøring fortsetter «rett fram». Dette minimerer faren for misforståelser. Skiltet anrettes på hovedtrafikkøya, og er vist i Figur 6.2.10.



Figur 6.2.10: Varsling om venstresvingefelt

Skilting for sidevegtrafikk

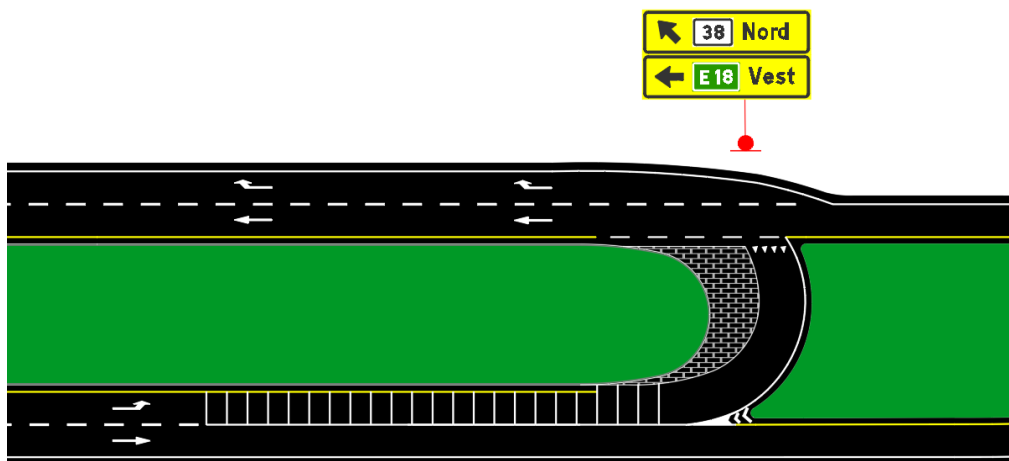
Vegvisningsskilt for sidevegen anrettes på hovedtrafikkøya. Det skiltes kun til høyre, med anvisning om at «øvre» kjørefelt skal benyttes for gjennomkjøring på sideveg eller venstresving. Skiltets plassering og utforming er vist i Figur 6.2.11.



Figur 6.2.11: Skilting ved avsving fra sideveg

Skilting i U-svingefeltet

Skilting i U-svingefeltet utføres slik at det gis informasjon om at det er mulig å utføre «direkte venstresving» inn i to kjørefelt. Skiltet, illustrert i Figur 6.2.12, er tydelig lesbart for vikende kjøretøy, og anses å beskrive situasjonen på en tilfredsstillende måte.



Figur 6.2.12: Skilting ved U-sving

Det ble også vurdert å sette opp 904 V «Retningsmarkering» i U-svingen. Dette er ikke gjort i den foreslåtte skiltplanen. Slik plassering av skilt vil redusere siktlinjene til motgående trafikk som det skal vikes for. Dessuten er siste del av venstresvingefeltet belagt med «nedfreste rumlefelt» for å redusere farten tilstrekkelig slik at den kommende svingen utføres i trygg hastighet.

5. Vurdering av spesialsilt

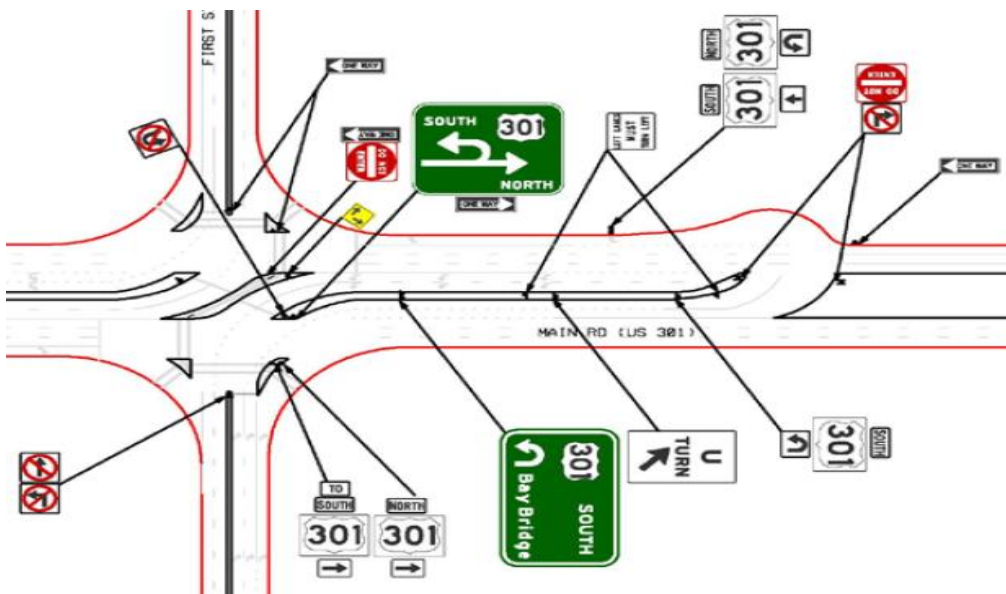
Det eksisterer flere muligheter for å etablere spesialsilt. I USA benyttes et vegvisningssilt som gir trafikanter informasjon om U-svingebevegelsen som kreves for venstresving. Et eksempel som kan være aktuelt å vurdere, er illustrert i Figur 6.2.13.



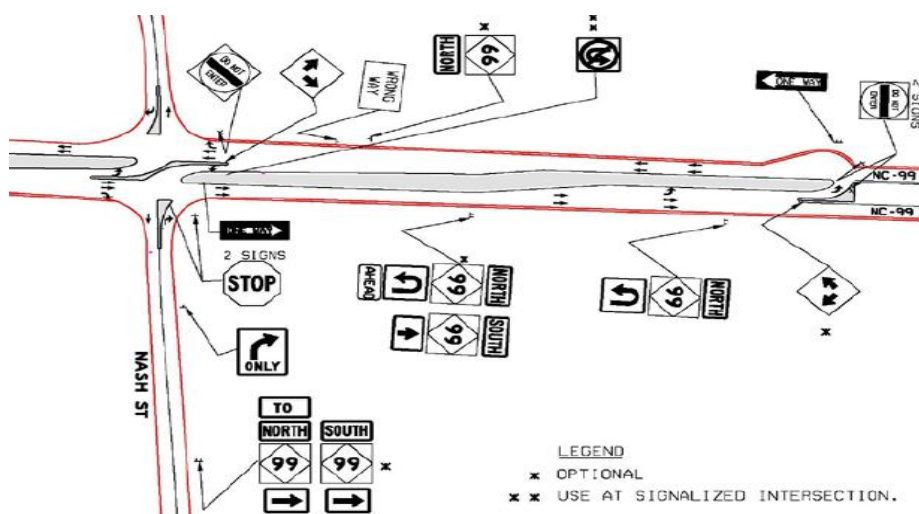
Figur 6.2.13: Spesialsilt for RCUT (Wisconsin DOT)

Sammenligning med skiltplaner for eksisterende RCUT-løsninger

Hughes et al. (2010) inneholder overordnede skiltplaner for to RCUT-kryss fra forskjellige delstater i USA. Det er av interesse å betrakte hvordan disse kryssene er oppmerket for å foreta en sammenligning med den foreslåtte skiltplanen. Det påpekes at begge disse RCUT-kryssene er konfigurert for direkte venstresving i hovedretning, og at dette vil innebære noe forskjellig skiltbehov fra den enklere geometrien i denne utredningen. Skiltplan for et RCUT-kryss i Maryland (forkortes «MD-RCUT») er vist i Figur 6.2.14, mens Figur 6.2.15 viser skiltplan for et tilsvarende kryss i North Carolina (forkortes «NC-RCUT»).



Figur 6.2.14: Skiltplan for RCUT-kryss i Maryland (Hughes et al., s. 138)



Figur 6.2.15: Skiltplan for RCUT-kryss i North Carolina (Hughes et al., s. 139)

Tabell 6.2.1: Sammenligning av skiltplaner for RCUT

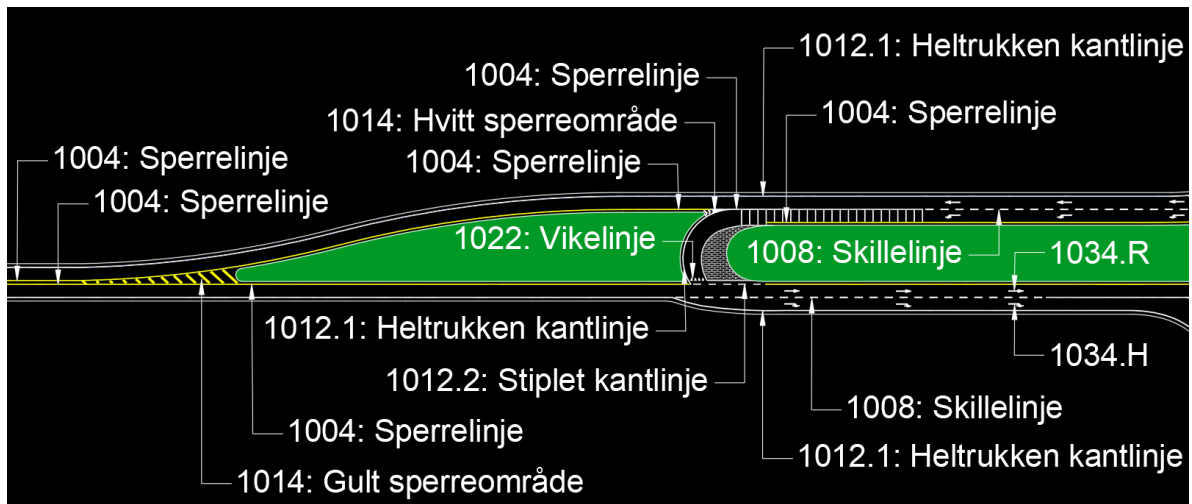
Aspekt	Sammenligning
Vegvisnings-skilt for sideveg i hovedkryss	<ul style="list-style-type: none"> • MD-RCUT og NC-RCUT: Det skiltes for sideveg at høyresving kreves for kjøring i begge retninger på hovedveg • MD-RCUT benytter vegvisningstavle i krysset som viser U-svingen • NC-RCUT forvarsler at kun høyresving er tillatt.
Varsling om venstresvingefelt for U-sving	<ul style="list-style-type: none"> • Plasseringen er forskjellig. MD-RCUT skilter U-sving etter hovedkryss, mens Modifisert RCUT skilter U-svingen før hovedkryss, slik at den kun er synlig for gjennomgangstrafikk. • foreslått RCUT skilter ikke U-svingen i seg selv, men <i>avkjøringsfeltet</i>. Dette kan være en svakhet. • MD-RCUT skilter U-svingen mellom hovedkrysset og U-svingefeltet. Dette gjøres ikke i foreslått RCUT. Tanken er at sidevegtrafikk som skal U-svinge legger seg over umiddelbart.
Forbudsskilt og påbudsskilt for svingebevegelser	<ul style="list-style-type: none"> • Det er mye lik skilting mellom foreslått RCUT og MD-RCUT. Begge bruker «høyresving forbudt» i U-svingefeltene og «venstresving forbudt» på sidevegtilfartene. NC-RCUT bruker påbudsskilt. • Det kan være fornuftig med skilt for «envegskjøring» på motsatt side av U-svingefeltet. Her benytter den utredede løsningen forbud mot høyresving på samme stolpe som vikepliktsskiltene.
Øvrig	<ul style="list-style-type: none"> • Det virker fornuftig å legge inn vegvisning på veg inn i selve U-svingen. Dette er ikke gjort i den utredede løsningen, grunnet sikthindring til motgående kjøreretning. • Verken MD- eller NC-RCUT bruker vegvisning på motsatt side av U-svingen, slik «vår» RCUT har.

Konklusjon

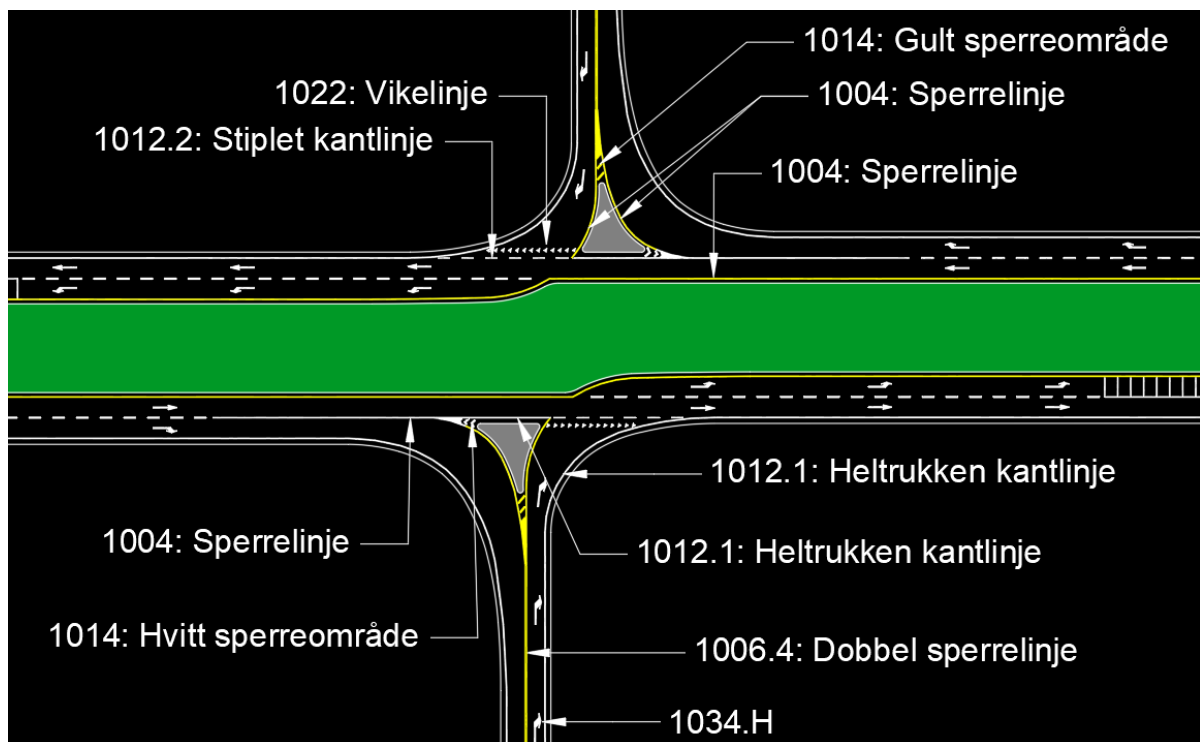
Det er mulig å skilte RCUT-krysset med standardskilt, slik at trafikanter informeres på en tilfredsstillende måte. Samtidig kan det være aktuelt å implementere særskilte vegvisnings-skilt som illustrerer U-svingen mer konkret. Dette vil være spesielt relevant for påkobling av sideveg.

6.3 Oppmerkingsplan

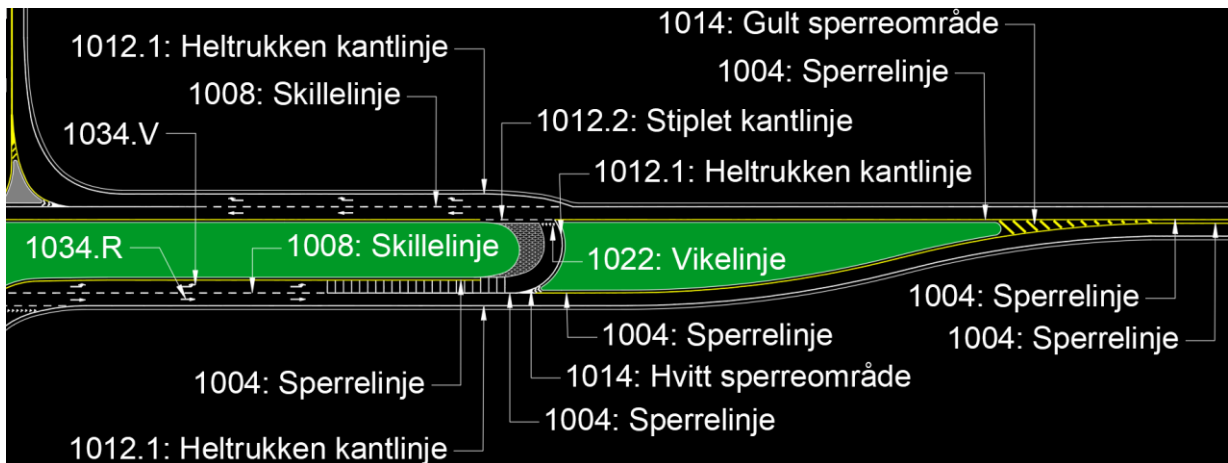
Et forslag til oppmerkingsplan for RCUT er illustrert i Figurer 6.3.1 – 6.3.3. Oppmerkingen er gjort etter Tabell 3.2.5, og ytterligere detaljert i Vedlegg G.



Figur 6.3.1: Oppmerking av vestre kryssområde



Figur 6.3.2: Oppmerking av sentralt kryssområde



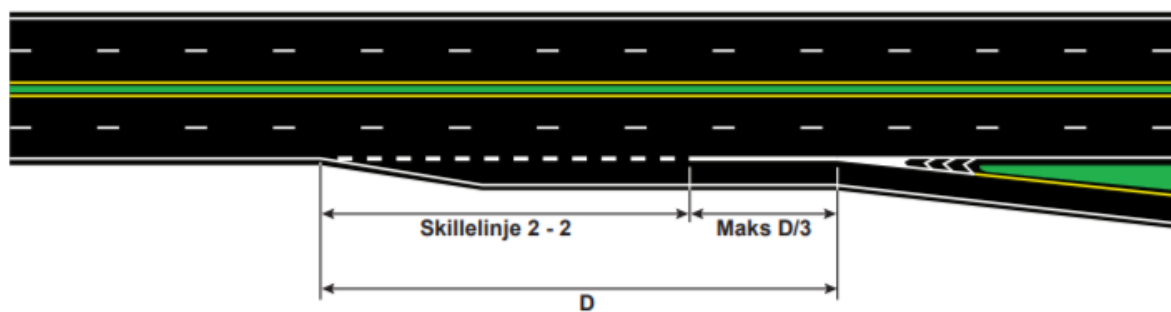
Figur 6.3.3: Oppmerking av østre kryssområde

Følgende elementer ved oppmerkingen i RCUT-krysset krever særskilt vurdering:

1. Høyresvingefelt for avsving til sideveg
2. Oppmerking av kryss og trafikkøy på sideveg
3. Oppmerking av retardasjonsfelt for venstresving / U-svingefelt
4. Utforming av gult sperrefelt i forkant av sideøyene
5. Symboloppmerking i vegbanen

1. Høyresvingefelt for avsving til sideveg

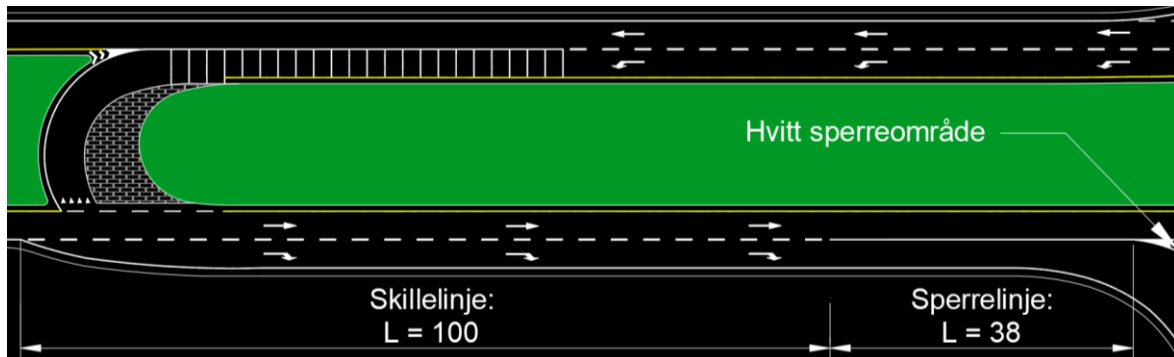
Det benyttes *1008 skillelinje* ved høyresvingefeltets begynnelse, for å understreke behovet for fartsreduksjon. Kravene for aktuell oppmerking er vist i Figur 6.3.4.



Figur 6.3.4: Oppmerking av retardasjonsfelt (N302, s.59)

Avstanden D , er i det aktuelle tilfellet 130 meter. Dette medfører at sperrelinjen maks lengde er ca. 43 meter. Det er ønskelig at høyresvingende kjøretøy tar i bruk retardasjonsfeltet så tidlig som mulig, hvilket taler for bruk av relativt lang sperrelinje. Det er imidlertid viktig at

kryssets utradisjonelle geometri gir rom for fleksibilitet og toleranse for sene feltbytter. Det anlegges derfor sperrelinje på 38 meter. Videre følger hvitt sperreområde som varsler om trafikkøya. Oppmerking av høyresvingefeltet er vist i Figur 6.3.5.



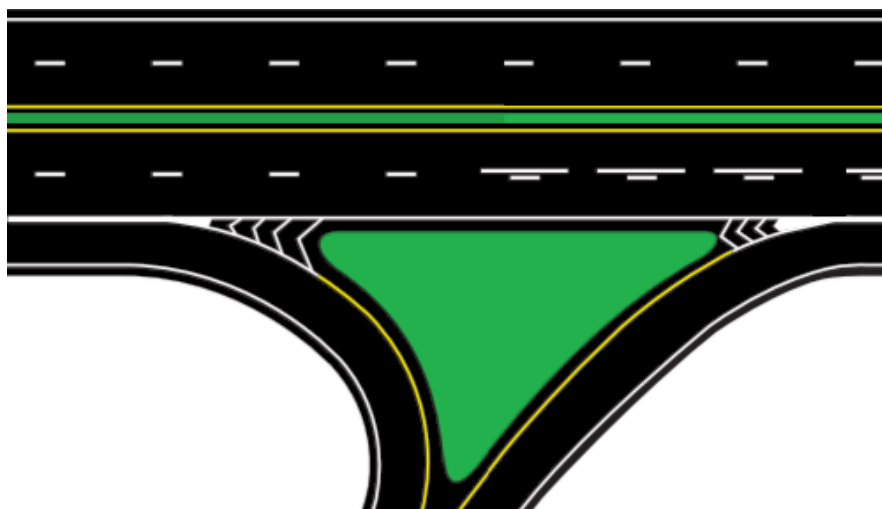
Figur 6.3.5: Oppmerking av høyresvingefelt for avsving til sideveg

2. Oppmerking av kryss og trafikkøy på sideveg

Trafikkøya på sideveg skiller følgende trafikkstrømmer:

1. Gjennomkjøring på hovedveg
2. Høyresving til sideveg
3. Sidevegtrafikk på tilfarten

I tillegg skal oppmerkingen understreke at trafikk på sidevegtilfarten har påbudt høyresving. Det foreslås derfor at sidevegens oppmerking tar utgangspunkt i oppmerking av rampe med tovegstrafikk, illustrert i Figur 6.3.6.

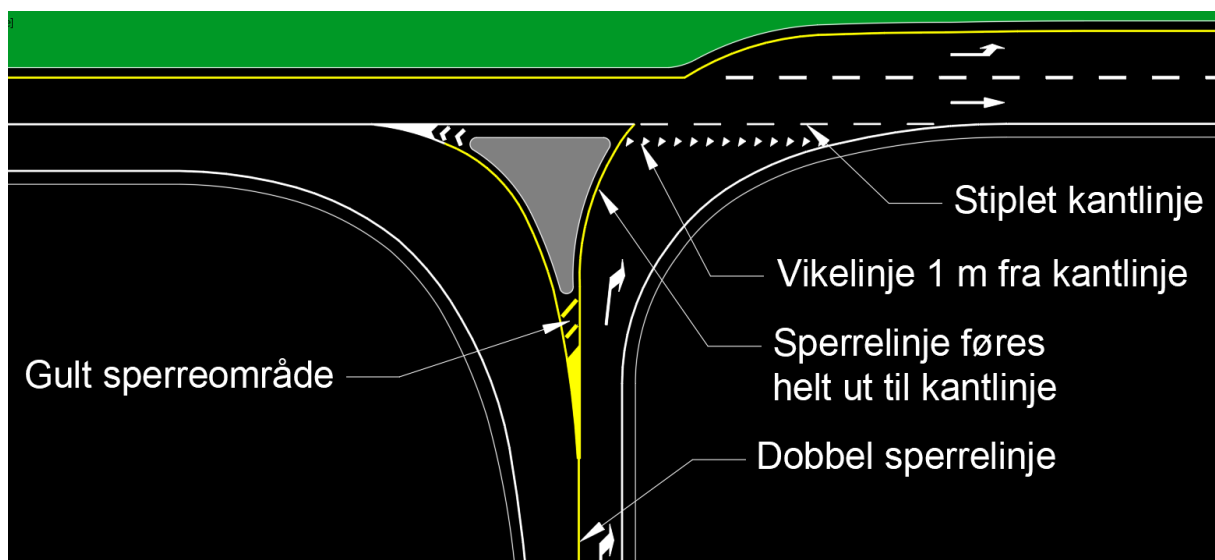


Figur 6.3.6: Oppmerking av rampe med tovegstrafikk (N302, s.65, modifisert)

Figuren er likevel ikke helt representativ for den påkrevde oppmerkingen. Følgende endringer foreslås:

1. Hvitt sperreområde på høyre side, fjernes. Sidevegen påkobles ikke med fletting.
2. Eppersom sperreområdet er fjernet, trekkes gul sperrelinje helt ut til kantlinjen på hovedveg. Dette understreker påbud om høyresving.
3. Vikelinjen plasseres 1 meter «nedenfor» stiplet kantlinje i krysset (N302, s. 53)
4. Sidevegen oppmerkes med dobbel sperrelinje i forkant av krysset.
5. Det anlegges gult sperreområde der trafikkøyen introduseres.
6. Lengden på sperreområdene tilpasses øvrige geometriske forhold

Et forslag oppmerking av kryssoområdet er illustrert i Figur 6.3.7.



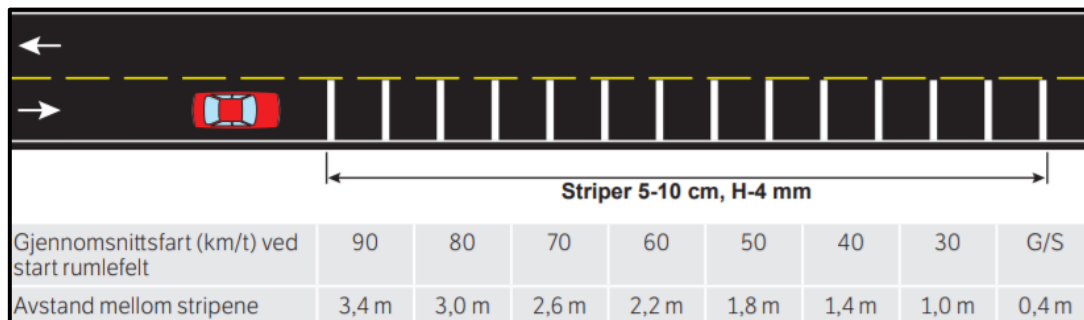
Figur 6.3.7: Oppmerking av sentralt kryssoområde

3. Oppmerking av retardasjonsfelt for venstresving / U-svingefelt

Oppmerking i retardasjonsfeltet må tydelig understreke at farten skal reduseres i forkant av U-svingen. Dette gjelder særlig hovedvegtrafikk, som antas å holde en hastighet på rundt 80 km/t ved feltets begynnelse. U-sving krever lav hastighet, og det foreslås å dele gjennomgangstrafikken og U-svingefeltet med *1008 skillelinje*, som vist i Figur 6.3.4. I forkant av sideøyas begynnelse erstattes skillelinjen av sperrelinje og deretter hvitt sperreområde. Dette er illustrert i Figur 6.3.9.

Igjen benyttes Figur 6.3.4 som grunnlag for å bestemme sperrelinjens lengde. Retardasjonsfeltet er 130 meter langt. Det er hensiktsmessig at sperrelinjen anlegges med en lengde tilnærmet lik maksimalkravet på 43 meter. Argumentasjonen er at U-svingen krever lav hastighet, og det er avgjørende at kjøretøy starter nedbremsingen så tidlig som mulig. Sperrelinjens lengde avrundes ned til 40 meter, parallelt retardasjonsfeltet. Slik oppfordres trafikanter til å utføre feltskifte og retardasjon tidlig. Deretter føres sperrelinjen ytterligere 10 meter gjennom begynnelsen av U-svingens kurvatur. Sperrelinjens totale lengde blir dermed 50 meter. Skillelinjen oppstrøms sperrelinjen blir 90 meter lang. Dette illustreres i Figur 6.3.9.

Det foreslås å anlegge rumlestriper på tvers av vegbanen over tilsvarende lengde som heltrukken sperrelinje. Dette tydeliggjør behovet for fartsreduksjon, og rumlestripene vil kunne bidra til at trafikanter blir mer oppmerksomme på at noe «spesielt» er i ferd med å skje. Bruk av tverrgående rumlefelt står dermed i tråd med tiltenkt bruk i N302, hvor det presiserer at «rumlefelt kan benyttes for å varsle spesielle forhold hvor det er særlig viktig at trafikantene får varsel om å overholde riktig fartsnivå» (N302, s. 85). Avstanden mellom rumlestripene avhenger av fartsnivået. Kravene til avstand er gjengitt i Figur 6.3.8.



Figur 6.3.8: Oppmerking av rumlefelt og anbefalt avstand mellom stripene (N302, s.85)

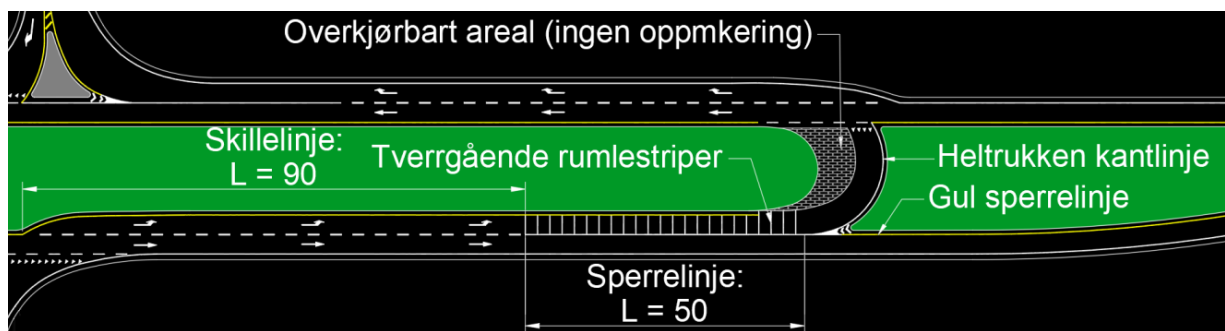
Vurdering av gjennomsnittsfart der rumlefeltet starter

Trafikken fra hovedvegen som utfører U-sving, holder betydelig større hastighet sammenlignet med trafikken fra sidevegen. Dermed er hovedvegtrafikkens fart dimensjonerende ved rumlefeltets start. Fartsgrensen gjennom krysset er 80 km/t, og det virker sannsynlig at de fleste kjøretøy har redusert hastigheten før rumlestripene introduseres. Det er konservativt å anta at hastigheten ved rumlestripenes begynnelse er rundt 60 km/t. Av Figur 6.3.8 gir dette avstand mellom rumlestripene på 2,2 meter. Rumlefeltet i Figur 6.3.9 er anlagt på tilsvarende måte.

Følgende oppmerkjingsvalg er foretatt på retardasjonsfeltet:

1. Det anlegges gul sperrelinje inn mot hovedtrafikkøy. Det er motgående trafikk på motsatt side av øya. Linjen avsluttes i flukt med introduksjonen av overkjørbart areal.
2. I selve U-svingefeltet benyttes gjennomgående hvit heltrukken kantlinje på ytterkant frem til gul sperrelinje i motgående retning
3. I forlengelsen av hvitt sperreområde anlegges gul sperrelinje langs sideøy på hovedvegen. Det er motgående trafikk på motsatt side av øya.
4. Området for U-sving er dimensjonert for gjennomkjøring av modulvogntog. Det er viktig å understreke for personbilister at området kun har ett kjørefelt. Det anrettes overkjørbart areal i innersvingen, uten kantlinje. Dette gir en kjørefeltbredde for personbilister på ca. 4,5 meter.

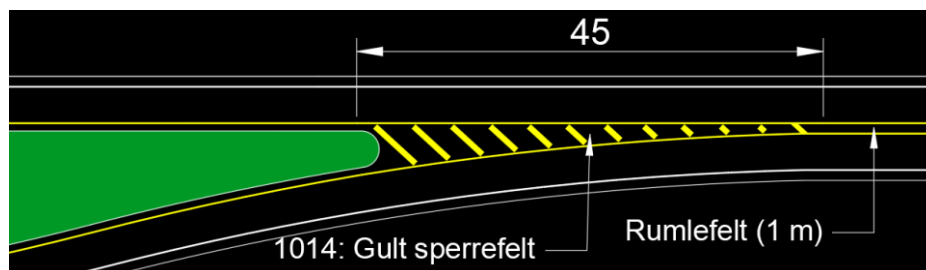
Detaljert oppmerking av retardasjonsfeltet / U-svingefeltet er vist i Figur 6.3.9.



Figur 6.3.9: Oppmerking av retardasjonsfelt / U-svingefelt

4. Utforming av gult sperrefelt i forkant av sideøyene

RCUT har to sideøyer som har til formål å separere motgående kjørefelt på hovedvegen. Ved introduksjon av disse trafikkøyene er det viktig at trafikanter varsles. Det anlegges derfor sperreområde i forkant av sideøyene.. Et løsningsforslag er vist i Figur 6.3.10.



Figur 6.3.10: Bruk av sperrefelt i forkant av sideøyene

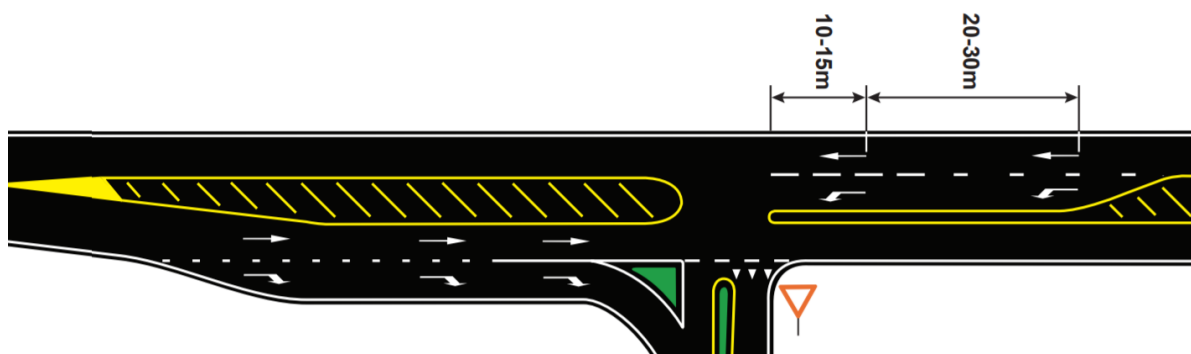
5. Symboloppmerking i vegbanen

Følgende symboloppmerking anses som nødvendig i kryssområdet:

1. Retningspiler i høyresvingefelt og gjennomkjøringsfelt
2. Retningspiler på sidevegens tilfart
3. Retningspiler i retardasjonsfelt og gjennomkjøringsfelt

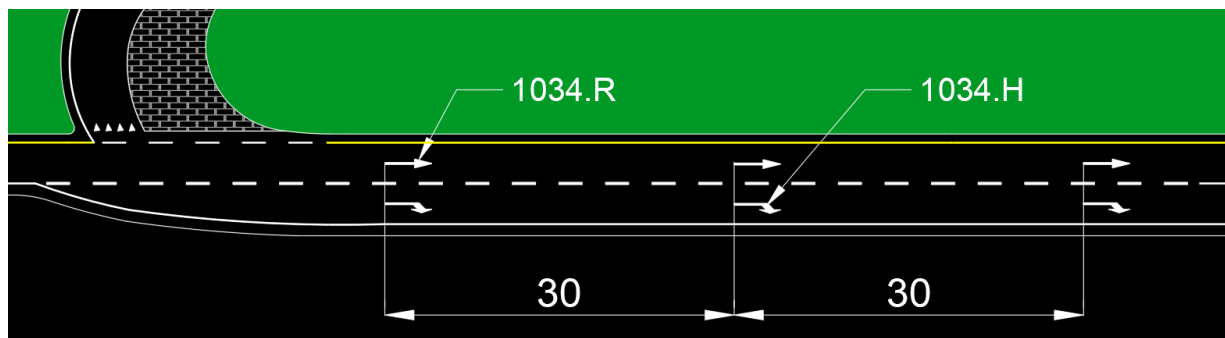
Retningspiler i høyresvingefelt og gjennomkjøringsfelt

Oppmerkingen utføres i samsvar med anbefalingene for vikepliktsregulerte kryss. Retningspilen nærmest krysset skal ligge mellom 10-15 meter fra kryssområdet, og øvrige piler anrettes med innbyrdes avstand 20-30 meter, som vist i Figur 6.3.11.



Figur 6.3.11: Symboloppmerking i kryss med fartsgrense ≥ 60 km/t (N302, s.52)

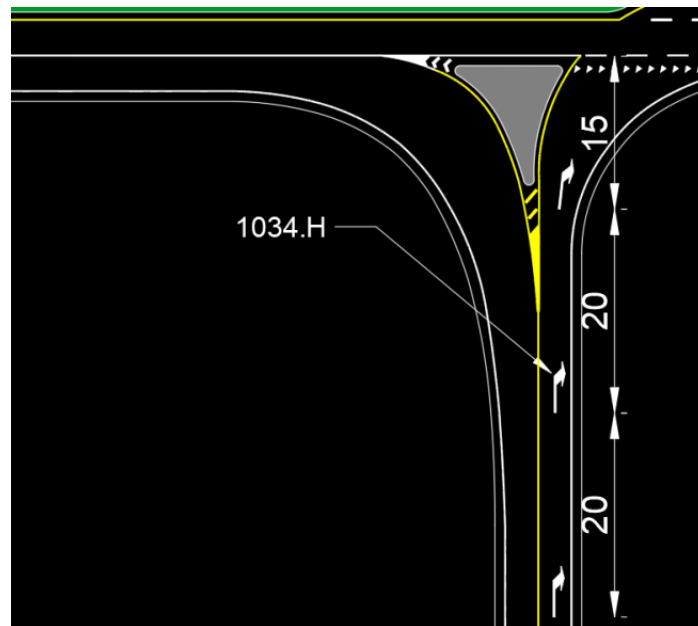
Det foreslås å anlegge 3 retningspiler i hvert kjørefelt med en avstand på 30 meter. Pilene oppmerkes relativt tidlig etter at høyresvingefeltet introduseres, for å understreke viktigheten av tidlig feltbytte. På gjennomkjøringsfeltet og høyresvingefeltet benyttes henholdsvis 1034.R og 1034.H. Symboloppmerking i vegbanen er illustrert i Figur 6.3.12.



Figur 6.3.12: Symboloppmerking av gjennomkjørings- og høyresvingefelt.

Retningspiler på sidevegens tilfart

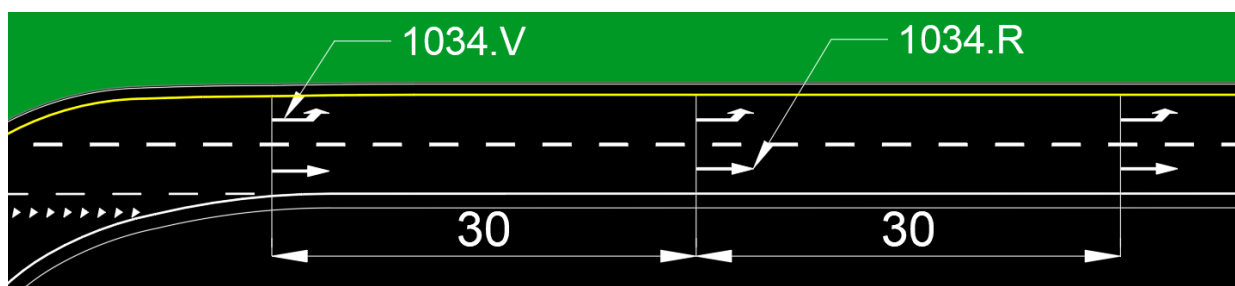
Det er viktig å varsle sidevegtrafikk om påbudt høyresving, og det foreslås å benytte tre retningspiler i vegbanen. Retningspilene, 1034.H, utføres som vist for hovedvegen i Figur 6.3.11. Pilen nærmest krysset anlegges ca. 15 meter fra stiplelet kantlinje. Resterende piler oppmerkes med 20 meter innbyrdes avstand. Symbolene på sideveg er vist i Figur 6.3.13.



Figur 6.3.13: Symboloppmerking av sideveg

Retningspiler i retardasjonsfelt for venstresving og gjennomkjøringsfelt

Bruk av retningspiler kan redusere sannsynligheten for at trafikantene forveksler retardasjonsfeltet med forbikjøringsfelt. I utgangspunktet har ikke gjennomkjøringsfeltet behov for retningspiler, men det kan likevel være hensiktsmessig å understreke hvor de kjørefeltene leder hen. Retningspilene anrettes med 30 meter innbyrdes avstand. Gjennomkjøringsfeltet og retardasjonsfeltet oppmerkes med henholdsvis 1034.R og 1034.V, som vist i Figur 6.3.14.



Figur 6.3.14: Symboloppmerking av retardasjonsfelt og gjennomkjøringsfelt

6.4 Brøyteplan

Fra et vinterdriftsperspektiv har RCUT-krysset følgende egenskaper:

- Hovedøya har stor bredde og snølagringskapasitet. Brøytebiler på hovedvegen kan kjøre i stor hastighet uten at snøen kastes over i motgående retning
- Avrundede kanter på trafikkøyene langs sideveg medfører lite slitasje på kantstein
- Bruk av oppmerkede rumlefelt i retardasjonsfelt, kan by på problemer
- Løsningen gir god fleksibilitet og muligheter for å snu, og representerer egnet sted å avslutte brøyteroder

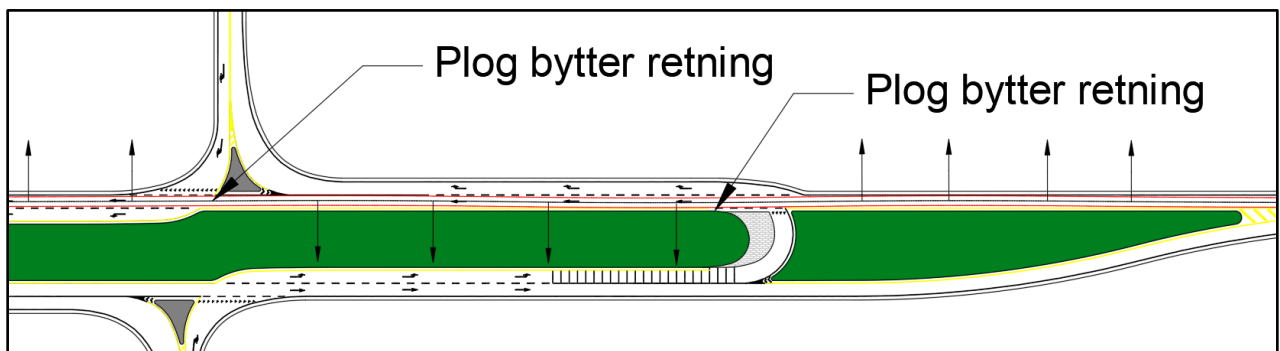
Det er utarbeidet to konkrete forslag til brøyteplan, avhengig av rodeinndeling. Begge planene forutsetter mulighet for å snu langs sideveg.

Brøyteplan med to biler

Brøyteplanen er passende dersom krysset ligger «inne i» to roder, uten at rodene avsluttes i det aktuelle krysset. Brøyteplanen krever mulighet for å snu langs både hovedveg og sideveg.

Brøytebil 1

Brøytebil 1 brøyter vestgående hovedveg ved konvensjonell gjennomkjøring. Plogen vendes først mot høyre. Plogstillingen endres mot venstre når brøytebilen passerer første sideøy. Snø kastes inn på hovedtrafikkøya fram til sidevegens påkobling. Her introduserer venstre-svingefeltet, og plogstilling endres til høyre. Dette er vist i Figur 6.4.1. Brøytebilen snur langs hovedvegen, og brøyter tilsvarende på veg tilbake.

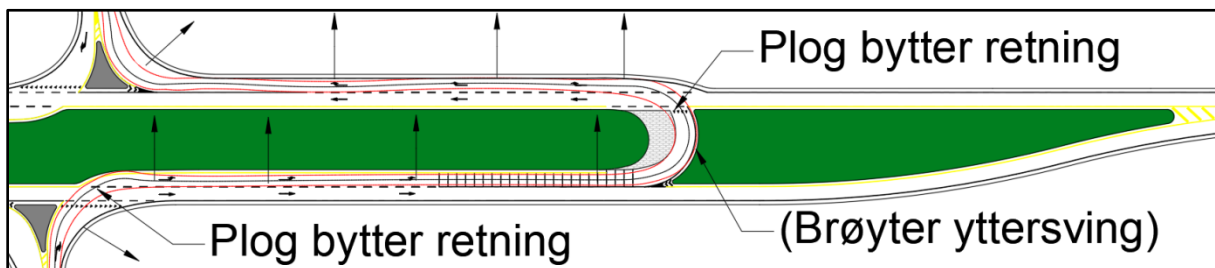


Figur 6.4.1: Brøytebil 1 i RCUT

Brøytebil 2 – Første parsell

Brøytebil 2 ankommer krysset fra vilkårlig sideveg. For forklaringen antas det at kjøretøyet kommer inn fra sør. Ruten til brøytebil 2 består av to parseller.

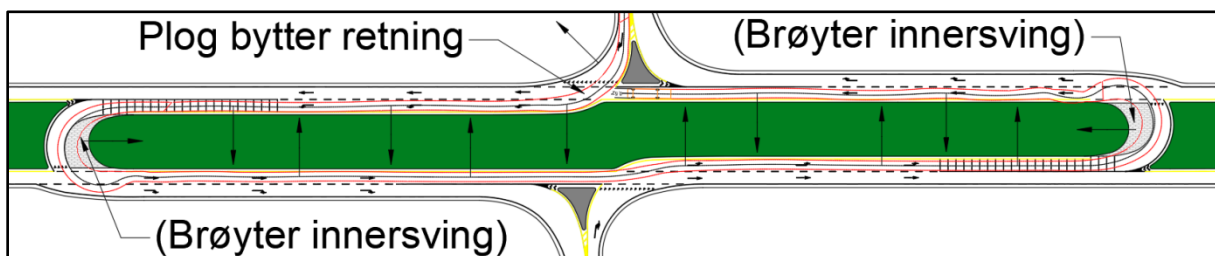
Søndre sideveg i nordgående retning brøytes med plogstilling mot høyre fram til krysset. Her endres plogstilling til venstre, mens kjøretøyet legger seg over i venstresvingefeltet og utfører U-sving. U-svingen brøytes i yttersving. Etter U-sving legger kjøretøyet seg direkte i høyresvingefeltet, mens plogstilling endres mot høyre. Kjøretøyet svinger til høyre inn på sidevegen og fortsetter nordover, som vist i Figur 6.4.2. Brøytebilen snur deretter på sidevegen.



Figur 6.4.2: Brøytebil 2 i RCUT – første parsell

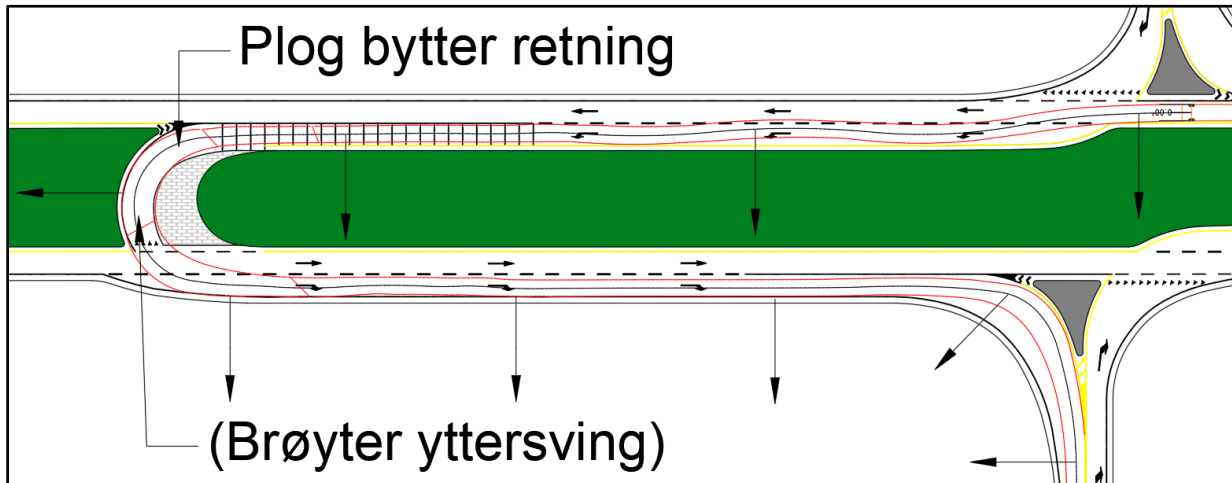
Brøytebil 2 – Andre parsell

På tilbakevegen utfører brøytebil 2 to runder gjennom krysset, ettersom U-svingefeltet er såpass arealkrevende at vegbanen ikke kan brøytes med én gjennomkjøring. Kjøretøyet kjører sørover langs nordliggende sideveg med plog mot høyre. Det utføres direkte høyresving over i venstresvingefeltet, og plogen vendes mot venstre. U-sving utføres i innersving, og brøytebilen legger seg over i gjennomkjøringsfeltet. Søndre hovedkryss passeres, og bilen legger seg over i venstresvingefeltet. Innersving i U-svingefeltet brøytes. Dette er vist i Figur 6.4.3.



Figur 6.4.3: Brøytebil 2 i RCUT – andre parsell – første runde

Kjøretøyet fortsetter i gjennomkjøringsfeltet, og legger seg på nytt i venstresvingefeltet. Ved denne U-svingen byttes plogstilling mot høyre, og snø legges på sideøya. Deretter legger brøytebilen seg direkte i høyresvingefeltet, og fortsetter på roden sin langs sørliggende sideveg. Ruten er vist i Figur 6.4.4.



Figur 6.4.4: Brøytebil 2 i RCUT – Andre parsell - andre runde

Brøyteplan med tre biler

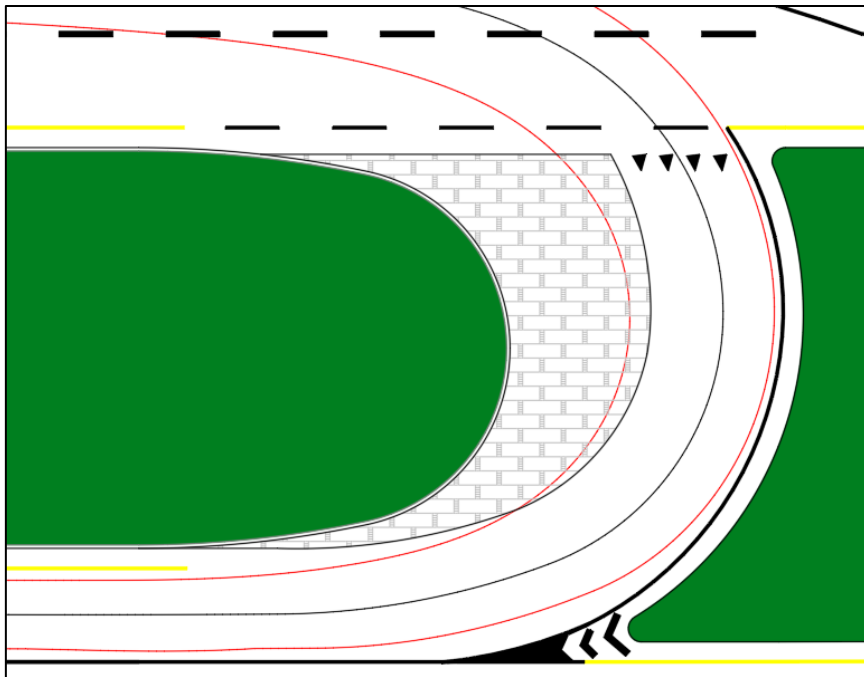
- Hovedvegen brøytes med separate brøytebiler i hver kjøreretning. Disse brøytebilene utfører dermed første og andre parsell for den opprinnelige brøytebil 1, «separat».
- En tredje brøytebil, som gjerne opererer en rode langs sidevegen og et stykke på tvers av krysset, brøyter U-svingefeltene, retardasjonsfeltene og innkjøringene mellom hoved- og sideveg. Brøytebil 3 følger dermed samme rute som brøytebil 2.

Kommentarer til brøyteplanene

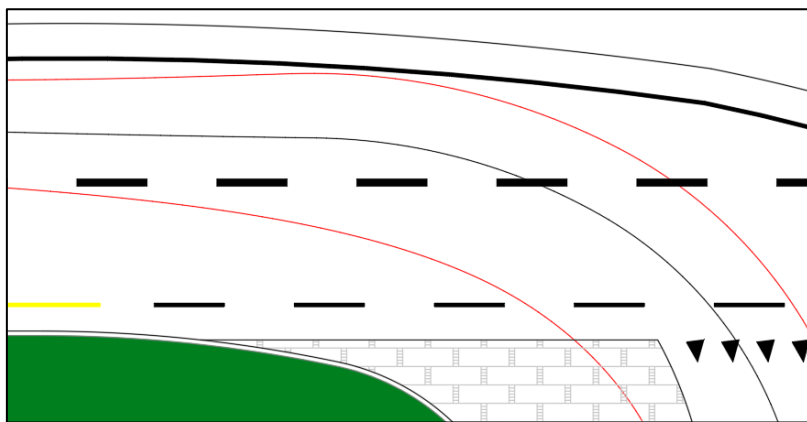
- U-svingefeltets bredde er såpass arealkrevende at det er vanskelig å brøyte disse kun med én gjennomkjøring. Dette er vist i Figur 6.4.5. Det må kartlegges hvorvidt overkjør-bart areal har samme krav til brøyting som øvrig vegbane.
- I tillegg til U-svingefeltene finnes det fire konkrete punkter langs krysset som ikke lar seg brøyte med de foreslåtte brøyteplanene, uten å foreta krappe svingebevegelser i lav hastighet. Dette gjelder overgangsstrekningene for avkjøringsfelt (L2), se Figur 6.4.6.
- Begge disse problemene kan løses i forbindelse med «utbrøyting». Dette er vanlig praksis og innebærer at grovbrøytingen tas når det snør, mens detaljrydding

gjennomføres når snøværet er over. Detaljrydding innebærer at det ryddes i kryss, busslommer etc.

- Av hensyn til sikt ved vikelinjen i U-svingefelt anbefales det at ikke mer enn én gjennomkjøring i U-sving brøytes over på sideøy.
- Dersom det besluttes å benytte overkjørbart areal av kantstein med 4 cm vis, som benyttet i utredningen, er det viktig at denne sikres god innspenning. Ellers kan kantsteinen løsne og forårsake problemer i konstruksjonen, samt være et forstyrrende element for kjøretøy i U-svingefeltet.



Figur 6.4.5: Bredt U-svingefelt krever brøyting i to omganger



Figur 6.4.6: Vanskelig å brøyte tilstrekkelig i begynnelsen av overgangsstrekninger

6.5 Trafikkavvikling og miljøpåvirkning

RCUT kan sammenlignes med flere konvensjonelle kryss. Etter gjeldende krav i N100, er det likevel mest hensiktsmessig å sammenligne løsningen med «forskjøvne T-kryss». Det kan også være interessant å studere RCUT i forhold til en planskilt kryssløsning.

Bygging av alternativ kryssmodell – RCUT

Modellen for RCUT er vist i Figur 6.5.1, og er bygget etter i følgende betraktninger:

Geometri

- Geometrisk utforming i henhold til delkapittel 6.1.
- Sidevegens lengde er satt til ca. 100 meter

Kryssnode og reguleringsform

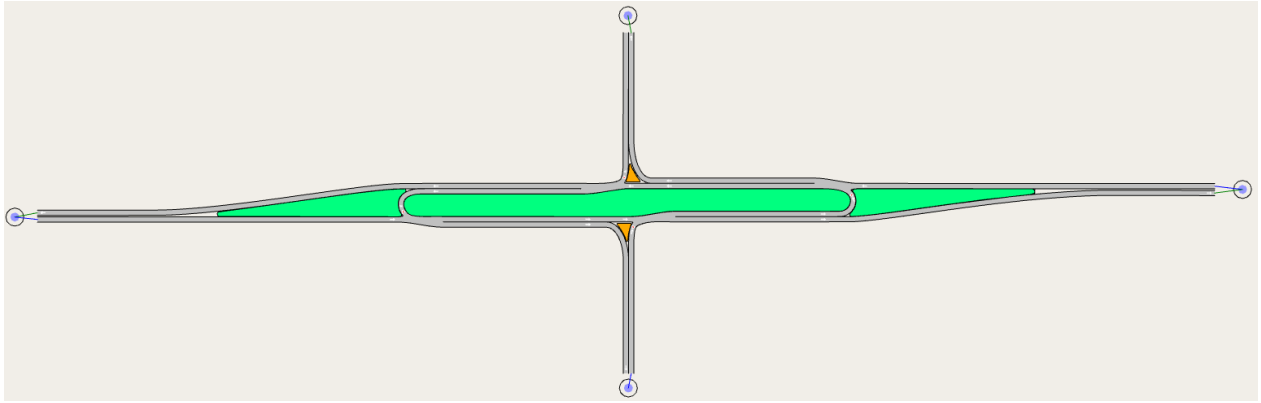
- I hovedkryssene har sidevegtrafikk vikeplikt for trafikken på hovedvegen
- I krysset mellom U-svingefelt og hovedveg har U-svingende trafikk vikeplikt for hovedvegtrafikk

Hastigheter på lenkene

For å unngå at kjøretøy i retardasjonsfeltet for U-sving holder for høy hastighet, må hovedvegen og retardasjonsfeltet defineres som separate lenker. Slik beholder hovedvegen riktig hastighet, samtidig som at kjøretøy i retardasjonsfeltet bremses. Det samme gjelder høyresvingefeltet til sideveg. Hastighetene i RCUT er oppsummert i Tabell 6.5.1.

Tabell 6.5.1: Oversikt over fartsnivå på ulike lenker i RCUT-krysset

Veglenke	Maksimal hastighet [km/t]
Gjennomkjøringsfelt på hovedveg	80
Retardasjonsfelt i forkant av U-svingefelt	60
U-svingefelt	30
Høyresvingefelt til sideveg	70
Sideveg	60



Figur 6.5.1: Modellfremvisning av RCUT i Aimsun

Det etableres to forskjellige versjoner av kanalisert T-kryss som analyseres:

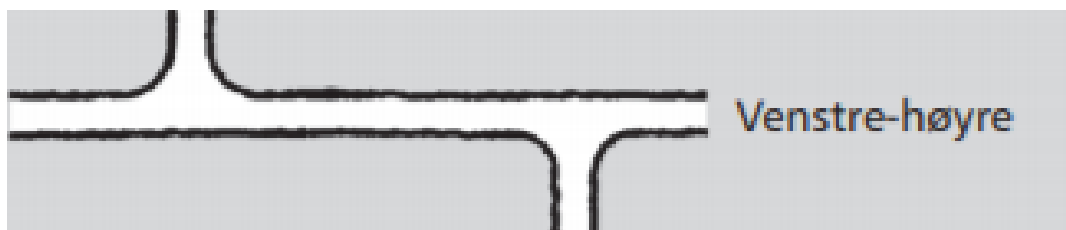
- To forskjøvnne T-kryss
- Ruterkryss med rundkjøringer (meget grov modell)

Bygging av konvensjonell kryssmodell - To forskjøvnne T-kryss

Modellen for «forskjøvnne T-kryss» er vist i Figur 6.5.3, og baseres på følgende betraktninger:

Geometri

- T-kryssene anlegges med høyresvingefelt og venstresvingefelt, på tilsvarende måte som for RCUT. Lengdene settes til 130 meter.
- Lengde på sidevegene settes til ca. 100 meter, som for RCUT
- Ved høyresvingefeltets påkobling til sideveg anlegges et flettefelt på ca. 40 meter der høyresvingende trafikk kan flette med venstresvingende hovedvegtrafikk.
- For å gjøre kryssområdet mest mulig kompakt og sammenlignbart med RCUT, etableres T-kryssene slik at utvidelsen av høyresvingefeltene overlapper. Krysset utformes som et «venstre-høyre-kryss», som illustrert i Figur 6.5.2.



Figur 6.5.2: Skisse av høyre-venstre-kryss (V121, s. 21)

Kryssnode og reguleringsform

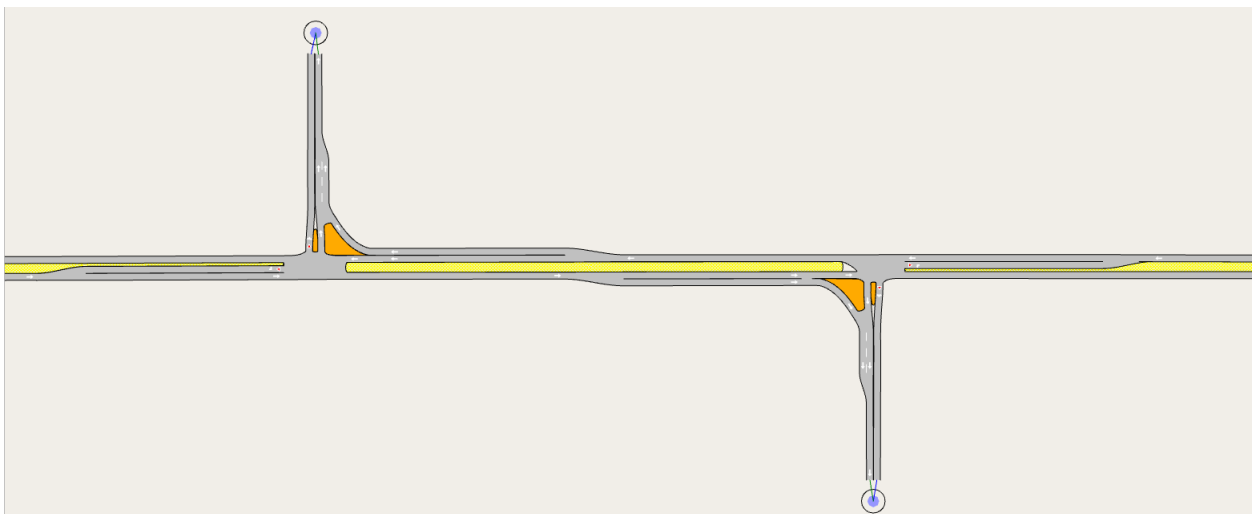
- Sidevegtilfarer har vikeplikt for hovedvegen
- I henhold til trafikkreglene skal venstresving fra sideveg ha vikeplikt for venstresving fra hovedveg. Dette gjøres ved å omstrukturere prioritethierarkiet.

Hastigheter på lenkene

Hastigheten på lenkene i to forskjøyvne T-kryss er satt tilnærmet likt som for RCUT. Disse er gjengitt i Tabell 6.5.2.

Tabell 6.5.2: Oversikt over fartsnivå for to forskjøyvne T-kryss

Veglenke	Maksimal hastighet [km/t]
Hovedveg	80
Sideveg	60
Venstresvingefelt	50
Høyresvingefelt	70



Figur 6.5.3: Modellfremvisning av to forskjøyvne T-kryss i Aimsun

Bygging av konvensjonell kryssmodell - Ruterkryss med rundkjøringer

Modellen for ruterkryss med rundkjøringer er vist i Figur 6.5.4, og er bygget med utgangspunkt i følgende betraktninger:

Geometri

- Rundkjøringer lages med ett kjørefelt med bredde 7 meter. Ytre diameter er 30 meter.
- Avkjørings- og påkjøringsramper er satt til henholdsvis 100 og 80 meter. Lengdene er uforholdsmessig korte i forhold til virkelige krav, og er kun ment for å vise trender.

Kryssnode og reguleringsform

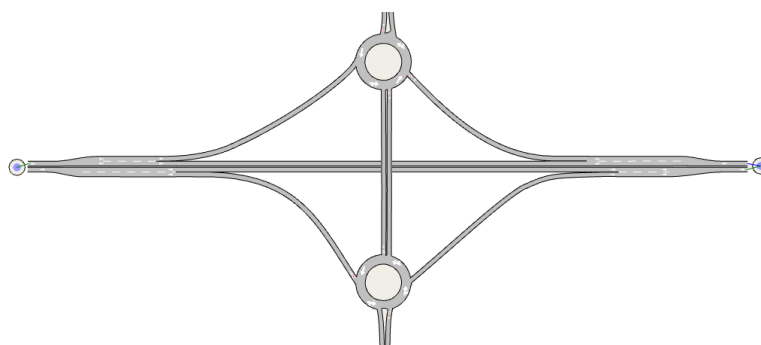
- Rundkjøringen er vikepliktsregulert i henhold til trafikkreglene.
- Fletting ved påkjøringsfelt

Hastigheter på lenkene

Hastighetene er definert i henhold til Tabell 6.5.3. Hovedpoenget er å fastholde like hastigheter på kryssenes hovedkomponenter, nemlig sideveger og hovedveg.

Tabell 6.5.3: Oversikt over fartsnivå på ulike lenker i ruterkryss med rundkjøringer

Veglenke	Maksimal hastighet [km/t]
Sideveg	60
Ramper	60
Rundkjøringer	50
Hovedveg	80
Bro over hovedveg	50



Figur 6.5.4: Modellfremvisning ruterkryss i Aimsun

Avgrensning av områder for analyse

Trafikksimuleringen utføres i tre deler:

1. Analyse av relevante kjøretøybevegelser («subpath»-analyse)
2. Analyse av kølengde på rampe («section»-analyse)
3. Totalanalyse av kryssmodellene («network»-analyse)

Analyse av relevante kjøretøybevegelser

To kjøretøybevegelser er av interesse. Disse har å gjøre med venstresving:

1. Gjennomkjøring på sideveg (vist i Figur 6.5.5)
 - a. Gjennomkjøring på sideveg er en bevegelse som har relativt lav prioritet i forskjøvnede T-kryss. Analysen forsøker å kartlegge følgene av å oppstykke gjennomkjøringen på sideveg i to uavhengige vikepliktsituasjoner med kun én trafikkstrøm av gangen.
2. Venstresving fra hovedveg til sideveg (vist i Figur 6.5.6).
 - a. I RCUT vil venstresving fra hovedvegen medføre en lenger reiserute enn i forskjøvnede T-kryss. RCUT forenkler ikke bevegelsen, men den blir heller ikke vanskeligere å utføre. Det er derfor interessant å kartlegge konsekvensene dette får for avviklingen.

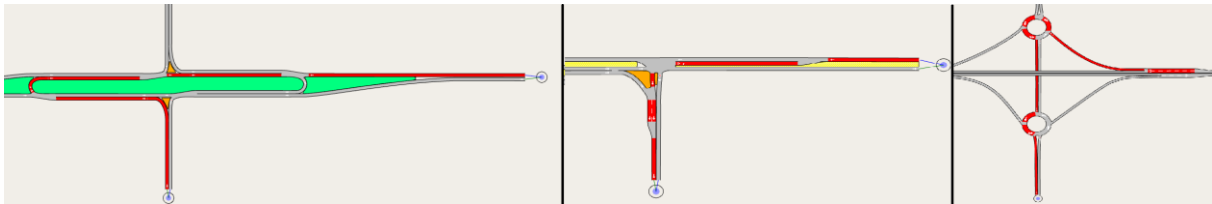
Av ren interesse analyseres tilsvarende bevegelser i ruterkryss med rundkjøringer. Analysen utføres ved bruk av «subpath»-funksjonen i Aimsun, og tillater sammenligning av reisetid og forsinkelse for de ulike kryssutformingene. Grunnet ulik geometrisk utforming, er det nødvendig å kartlegge «Subpath»-avstandene for hvert kryss for kunne sammenligne reisetid. Dette er gjort i Tabell 6.5.4.

Tabell 6.5.4: Sammenligning av «Subpath»-lengder

Kjøretøybevegelse	«Subpath»-distanse (mål i meter)		
	RCUT-kryss	To forskjøvnede T-kryss	Ruterkryss med rundkjøringer
Gjennomkjøring langs sideveg	495,8	475,4	423,0
Venstresving fra hovedveg	794,5	323,6	641,5



Figur 6.5.5: Gjennomkjøring på sideveg for de ulike kryssene



Figur 6.5.6: Venstresving fra hovedveg til sideveg for de ulike kryssene

Analyse av kølengde i retardasjonsfelt for U-sving

Tilbakeblokkering av retardasjonsfelt for U-sving i RCUT kan utgjøre trafiksikkerhetsfare og forringet avvikling. I RCUT-krysset skal tre trafikkstrømmer vike i samme kjørefelt:

- Venstresving fra sideveg
- Gjennomkjøring langs sideveg
- Venstresving fra hovedveg

Det bør derfor kontrolleres at kømagasinet er dimensjonert for å håndtere slik etterspørsel ved stor trafikkbelastning. Parameteren «maksimal kølengde» analyseres for lenken som utgjør retardasjonsfeltet på RCUT. «Section»-analyse benyttes, som vist i Figur 6.5.7. Tilsvarende analyse utføres *ikke* for kryssene som det sammenlignes med, ettersom kødannelse her er mindre kritisk:

- I forskjøvne T-kryss benyttes venstresvingefeltene kun av hovedvegtrafikk
- I toplanskrysset har rampen vesentlig større kømagasin



Figur 6.5.7: Seksjon som analyseres for maksimal kølengde

Totalanalyse av kryssmodellene

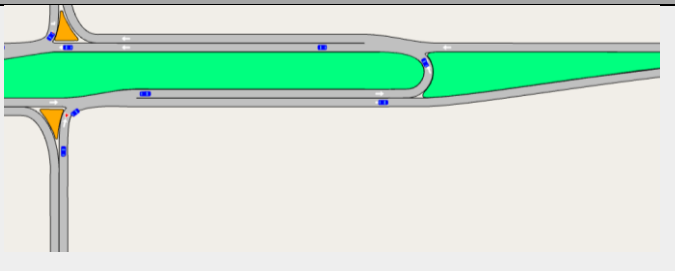
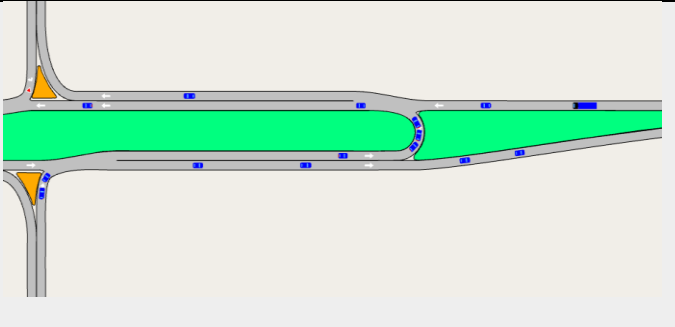
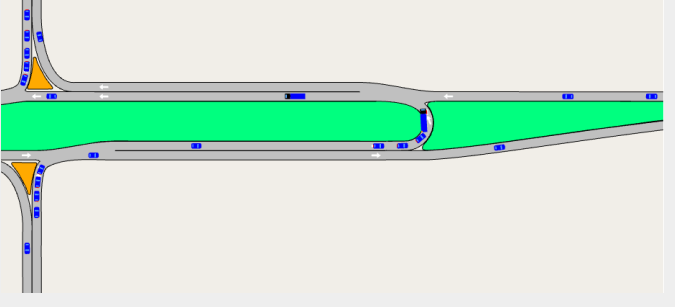
Totalanalysen betrakter forsinkelse og utslipp for kryssene som helhet. Selv om det skulle påvises en forverring for enkelte kjøretøybevegelser i «Subpath»-analysen, kan det tenkes at omfordelingen av prioritet gir en forbedring av totale forhold i krysset.

Etablering av OD-matriser

Følgende krav settes til matrisene for henholdsvis «lav», «middels» og «høy» trafikkmengde:

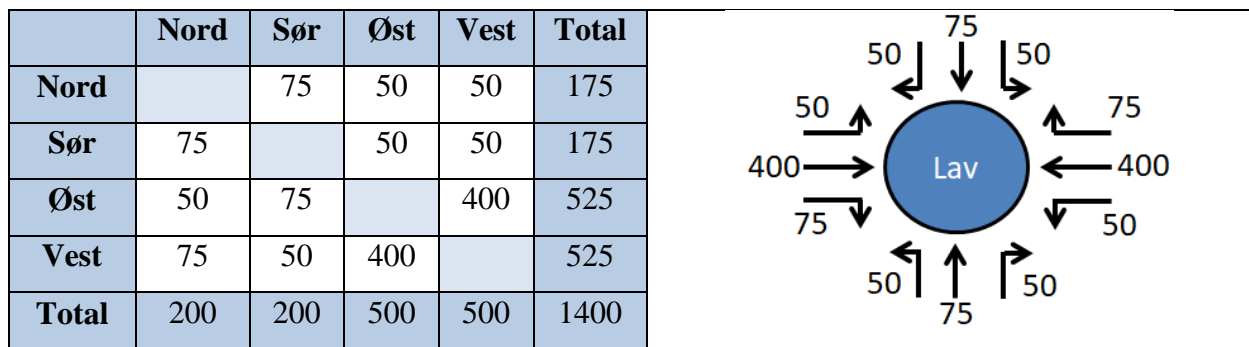
- OD (Lav): Trafikken flyter tilnærmet uhindret i krysset
- OD (Middels): Periodevis kødannelse på sidevegene og i U-svingefeltene
- OD (Høy): Periodevis lang kø på sideveg, Noe kødannelse i retardasjonsfeltet

Et utsnitt av trafikkforholdene i RCUT for disse trafikkmengdene er vist i Figur 6.5.8.

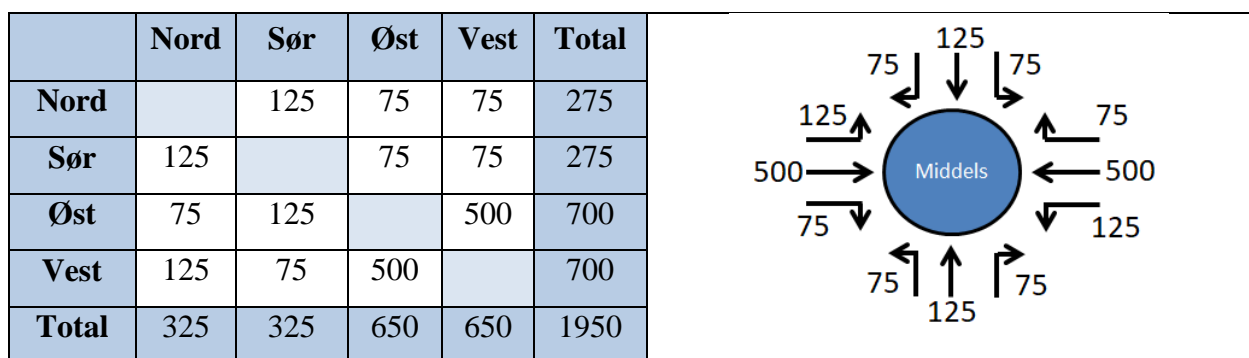
Belastningsgrad	Trafikkforhold på RCUT
Lav Trafikken flyter tilnærmet uhindret i krysset. Enkelte kjøretøy må stoppe i krysset ved sidevegen og i U-svingefeltet i påvente av ledig luke.	
Middels Trafikken i krysset avvikles uten store vansker, men opplever perioder med kødannelse på sideveg og i U-svingefeltet. Køen avvikles riktignok relativt raskt.	
Høy Trafikken i krysset opplever periodevis lang kø på sidevegen, samt kødannelse i U-svingefeltet som forplanter seg til retardasjonsfeltet.	

Figur 6.5.8: Visualisering av ulike belastningsgrader for RCUT

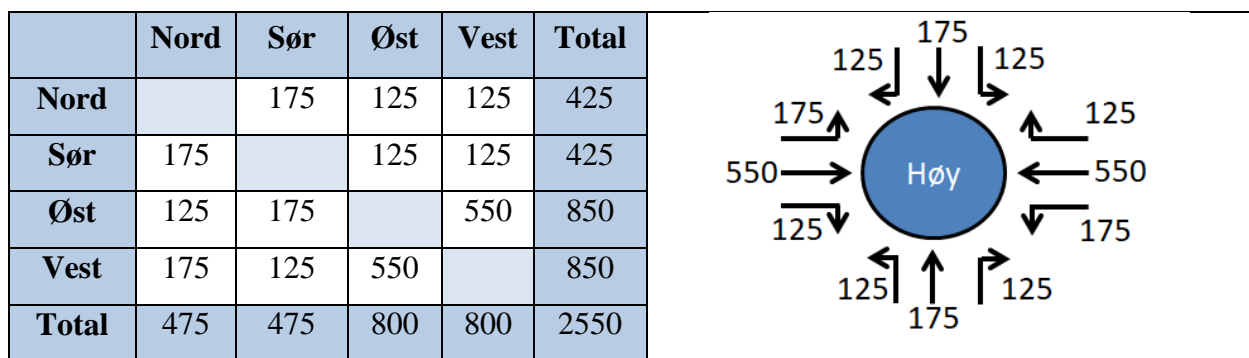
OD-matrisene i Figur 6.5.9 – 6.5.11 tilfredsstillter kravene, og legges til grunn for analysen.



Figur 6.5.9: OD-matrise for lav trafikkbelastning (kjt/time)



Figur 6.5.10: OD-matrise for middels trafikkbelastning (kjt/time)



Figur 6.5.11: OD-matrise for høy trafikkbelastning (kjt/time)

Destinasjonene *nord*, *sør*, *øst* og *vest* i OD-matrisene betegner sentroider i kryssmodellene:

- Sentroide *Nord*: Anlegges ved øvre sideveg
- Sentroide *Sør*: Anlegges ved nedre sideveg
- Sentroide *Øst*: Anlegges til høyre hovedveg
- Sentroide *Vest*: Anlegges venstre for hovedvegen

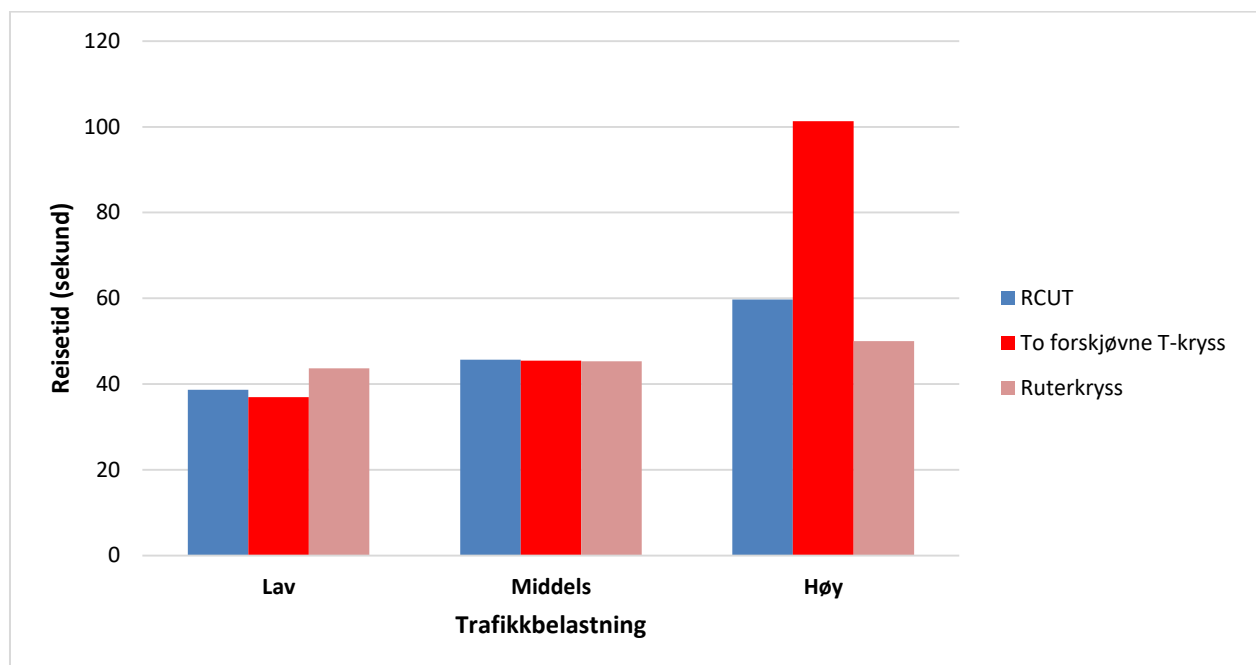
Resultater fra trafikksimulering

Analyse av relevante kjøretøybevegelser

Analysen betrakter parameterne reisetid og forsinkelse. Forsinkelse er direkte sammenlignbar, mens reisetiden avhenger av «Subpath»-distanse, gjengitt i Tabell 6.5.4. For gjennomkjøring på sideveg er avstandene tilnærmet like, mens for venstresving fra hovedveg må disse betraktes med forsiktighet.

Gjennomkjøring på sideveg

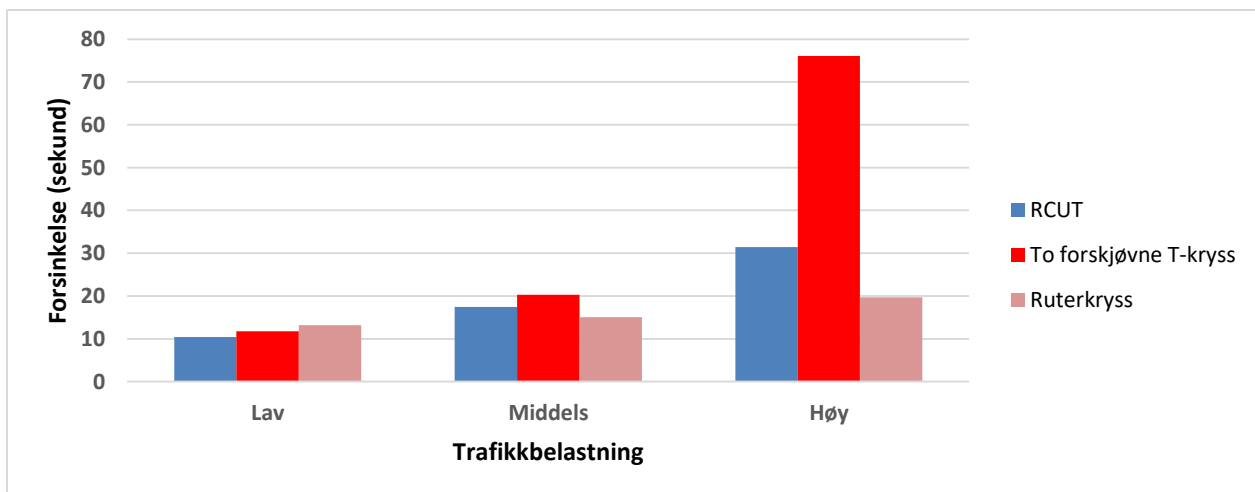
Bevegelsen er illustrert i Figur 6.5.5. Reisetid og forsinkelse er vist henholdsvis i Figur 6.5.12 og 6.5.13.



Figur 6.5.12: Gjennomsnittlig reisetid for gjennomkjøring langs sideveg

Kommentarer til resultater

- Ved trafikkbelastning «lav» og «middels» er reisetiden tilnærmet lik for alle kryss
- Ved «høy» trafikkbelastning antyder resultatene at «forskjøvnne T-kryss» opplever nærmere dobbelt så lang reisetid som ruterkryss og RCUT. Dette tyder på at trafikken på sidevegen har problemer med å utføre venstresving
- RCUT og ruterkryss med rundkjøringer presterer meget likt over alle trafikkforhold.



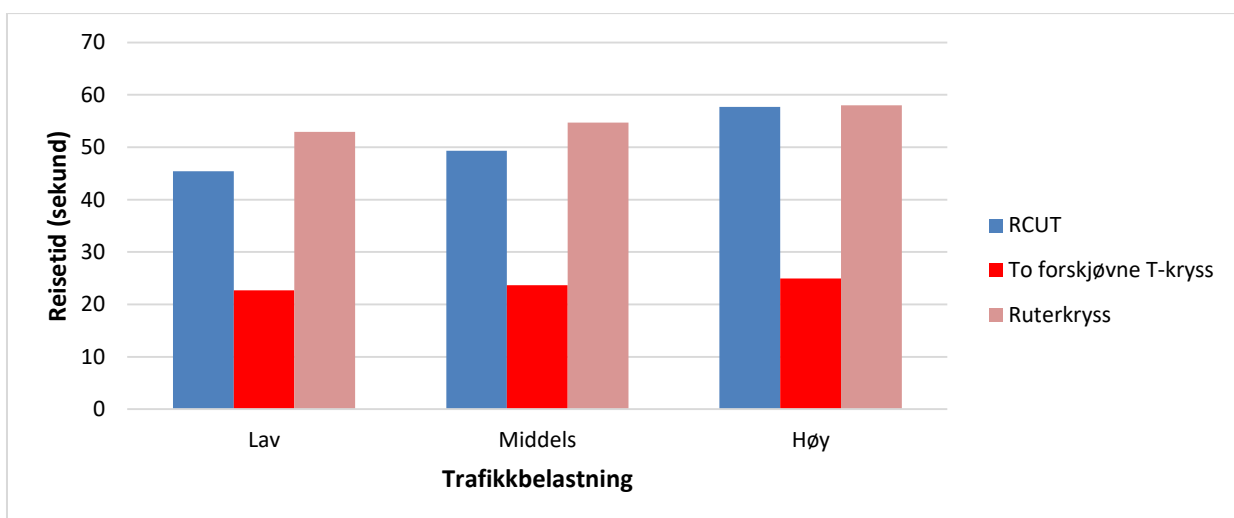
Figur 6.5.13: Gjennomsnittlig forsinkelse for gjennomkjøring langs sideveg

Kommentarer til resultater

- For belastning «lav» og «middels», følger forsinkelsen samme trend som reisetiden.
- Ved trafikkbelastning «høy» er forsinkelsen svært høy for to forskjøvne T-kryss. Resultatene tilsier at RCUT reduserer forsinkelsen med ca. 60 % (45 sek/kjt) sammenlignet med dette krysset. Videre opplever ruterkrysset 35 % (10 sek/kjt) mindre forsinkelse enn RCUT.

Venstresving fra hovedveg til sideveg

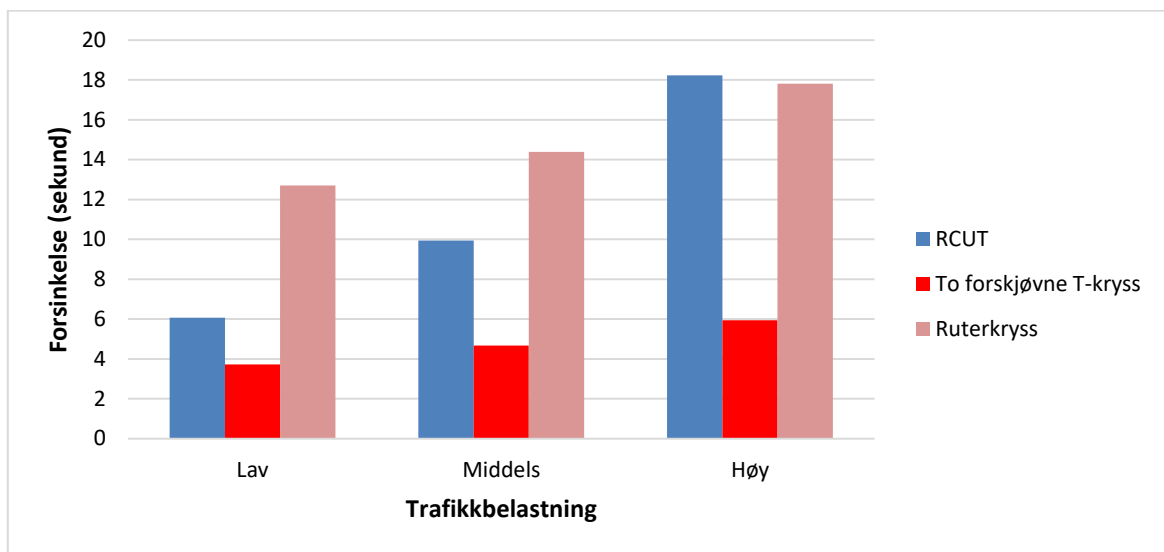
Bevegelsen er illustrert i Figur 6.5.6. Reisetid og forsinkelse er vist henholdsvis i Figur 6.5.14 og 6.5.15.



Figur 6.5.14: Gjennomsnittlig reisetid for venstresving fra hovedveg til sideveg

Kommentarer til resultater

- Ingen av kryssene opplever nevneverdig økning i reisetid som funksjon av trafikkmengde for denne kjøretøybevegelsen.
- Forskjøvne T-kryss har alltid minst reisetid, ettersom «Subpath»-ruten er kortere, som vist i Tabell 6.5.4. Det interessante her er derimot at reisetiden for ruterkryss og RCUT er tilnærmet like for alle belastninger, til tross for at ruten i RCUT er lengre.
- RCUT presterer noe bedre enn ruterkryss ved «lav» og «middels» trafikkbelastning, og nærmest identisk med ruterkryss ved trafikkbelastning «høy».



Figur 6.5.15: Gjennomsnittlig forsinkelse for venstresving fra hovedveg til sideveg

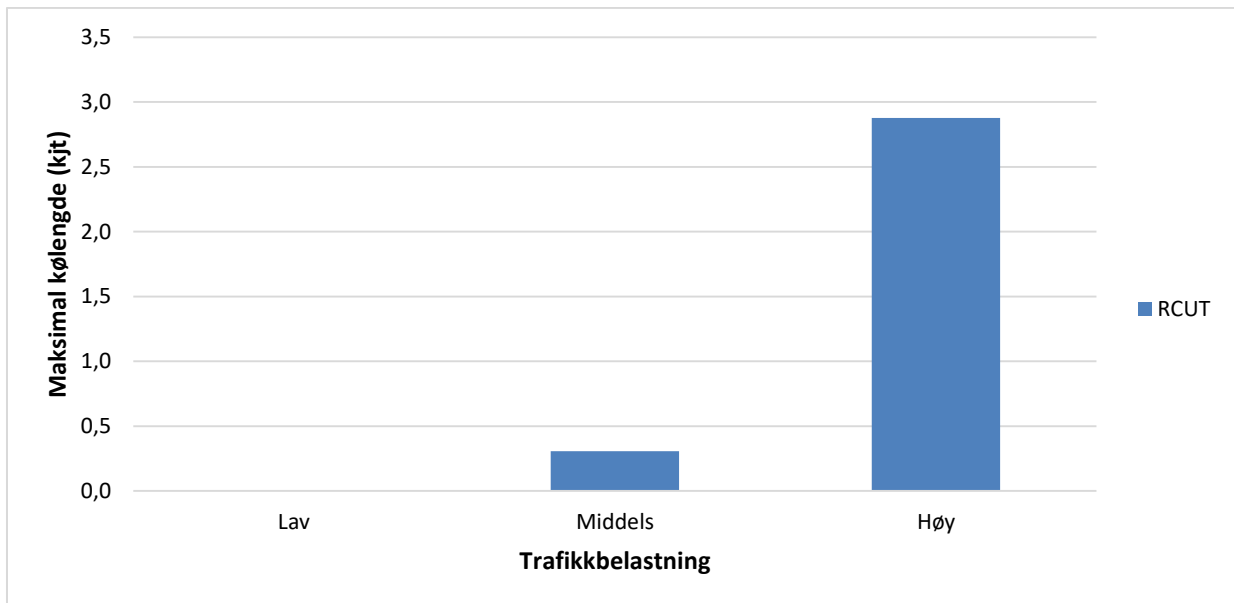
Kommentarer til resultater

- I likhet med reisetidsbetraktningen er også forsinkelsen til forskjøvne T-kryss lavest. RCUT har høyere forsinkelse enn forskjøvne T-kryss, ettersom venstresvingende kjøretøy både fra hovedveg og sideveg viker samtidig i U-svingefeltet. I tillegg må U-svingende kjøretøy i RCUT vike for all trafikk fra høyre. Dette innebærer også høyresvingende hovedvegtrafikk, som venstresvingende kjøretøy i forskjøvne T-kryss ikke må forholde seg til. Det kan også tenkes at U-sving krever større luke enn venstresvingen, slik at disse forekommer sjeldnere.
- RCUT opplever lavere forsinkelse enn ruterkryss for trafikkmengder «lav» og «middels». Dette kan skyldes at ruterkrysset medfører to vikepliktige situasjoner, mens RCUT kun medfører én.

- For trafikkbelastning «høy» opplever RCUT og ruterkryss tilnærmet identisk forsinkelse. Dette kan skyldes at vikende kjøretøy i U-svingefeltet nå må finne ledige luker i mer «tettpakket» hovedvegtrafikk. Problemet unngås fullstendig i ruterkrysset, ettersom hovedvegtrafikken ikke er i konflikt.

Analyse av kølengde i retardasjonsfelt for U-sving

Lenken som betraktes er vist i Figur 6.5.7. Maks kølengde her er vist i Figur 6.5.16.



Figur 6.5.16: Kølengde i retardasjonsfelt for U-sving i RCUT

Kommentarer til resultater

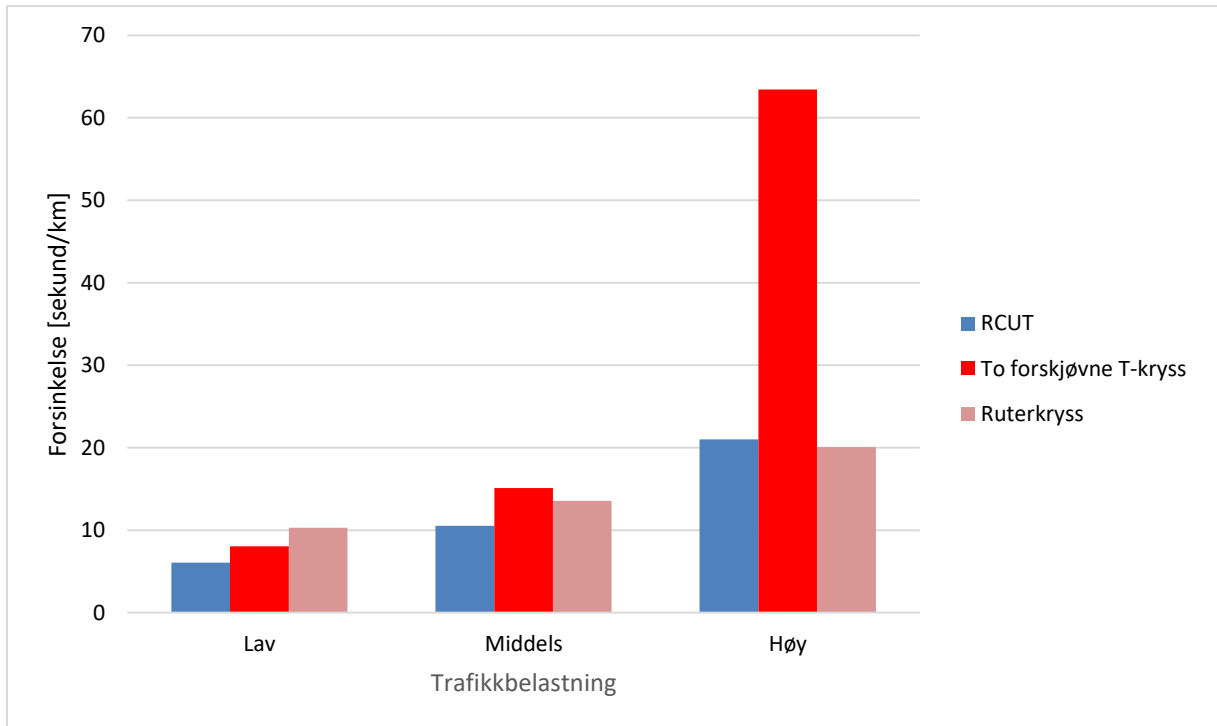
- RCUT opplever ikke nevneverdig kødannelse ved belastning «lav» og «middels».
- Resultatene tilsier at det kan forekomme kødannelse i avsluttende del av retardasjonsfeltet ved belastningsgrad «høy». Gjennomsnittet for maksimal kølengde er i underkant av 3 kjøretøy. I en situasjon med ekstremt mye trafikk, er det tenkelig at køforplantning inn i gjennomgangsfeltet kan forekomme, men sannsynligheten er lav.

Totalanalyse av kryssmodellene

Totalanalysen for kryssene betrakter parameterne forsinkelse og utslipp. Begge parameterne er direkte sammenlignbare på tvers av kryssene.

Total forsinkelse

Total forsinkelse i kryssene er vist i Figur 6.5.17.



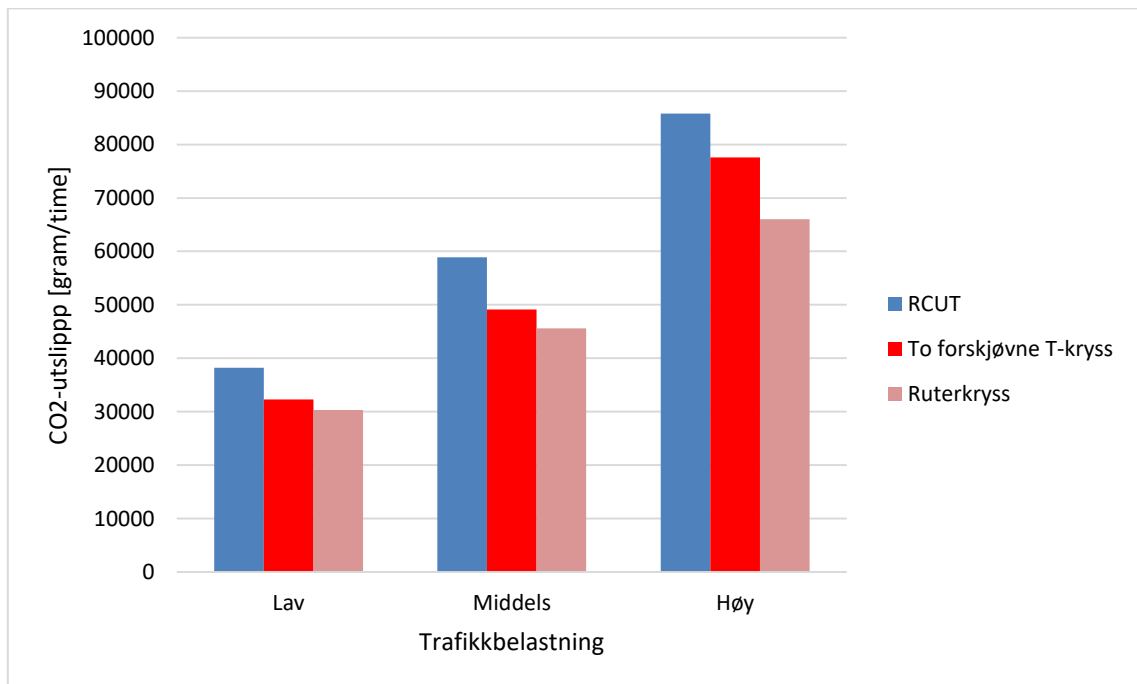
Figur 6.5.17: Gjennomsnittlig forsinkelse per kjøretøy i hele kryssområdet

Kommentarer til resultater

- RCUT medfører mindre forsinkelse enn forskjøvne T-kryss for alle trafikkmengder.
- RCUT medfører noe mindre total forsinkelse enn ruterkryss for trafikkmengder «lav» og «middels». For trafikkbetlastning «høy», opererer med tilnærmet lik forsinkelse.
- For «høy» trafikkbetlastning medfører RCUT 70 % mindre total forsinkelse sammenlignet med forskjøvne T-kryss.

Utslippsdata

Utslipp av CO₂ er vist i Figur 6.5.18. NO_x følger samme trend.



Figur 6.5.18: Totalt CO₂-utslipp i kryssmodellene

Kommentarer til resultater

- RCUT-krysset medfører noe større utslipp. Dette skyldes sannsynligvis at flere av kjøretøybevegelsene tildeles lengre reiseruter. Samtidig må flere bevegelser belage seg på to vikepliktige situasjoner istedenfor én.
- Ruterkrysset har lavest utslipp. Dette kan skyldes det aldri må vikes for hovedvegtrafikken.

Oppsummering av trafikkanalyse for RCUT

Resultatene viser tydelig at RCUT forenkler gjennomkjøring på sideveg, sammenlignet med forskjøvne T-kryss. Både reisetid og forsinkelse reduseres, særlig for trafikkmengde «høy». Venstresvingen fra hovedveg blir imidlertid sterkt forverret. Her oppleves lengre reisetid og større forsinkelse. Tall for total forsinkelse tyder riktignok på at den forenklede avviklingen på sidevegen «veier opp» for dette, slik at RCUT presterer på lik linje med, eller bedre enn, forskjøvne T-kryss, uavhengig av trafikkbetlastning. Utslippsdata viser en økning i CO₂ og NO_x i RCUT, sannsynligvis som følge av lengre reiserute for enkelte bevegelser.

I forskjøvne T-kryss med høy trafikkbetlastning kan ombygging til RCUT medføre:

- 60 % reduksjon i forsinkelse for gjennomkjøring på sideveg
- Opptil 70 % reduksjon i den totale forsinkelsen i kryssområdet
- Gjennomsnittlig utslippsøkning på snaut 10 %.
- Lengre reiserute og større forsinkelse for venstresvingende hovedvegtrafikk

Den noe grove sammenligningen mellom RCUT og ruterkryss, viser at RCUT presterer forbausende likt den planskilte løsningen for de gitte OD-matrisene. Det er noe overraskende at RCUT presterer på høyde med ruterkryss, til tross for at sidevegtrafikken kommer i direkte konflikt og må vike for hovedvegtrafikken. På steder med relativt beskjeden trafikkmengde, og hvor bygging av planskilte kryss blir litt «overdimensjonert», er det tenkelig at RCUT kan vurderes istedenfor slike. Det foreligger imidlertid flere usikkerhetsmomenter i sammenligningen mellom disse kryssene, og mer nyansert utredning kreves.

6.6 Trafikksikkerhet

Vurderingen av trafikksikkerhet for RCUT består av 11 deler. Denne er basert på kvantifiserbare egenskaper og sammenligning med krysset som løsningen tenkes å erstatte. Her vurderes utforming, trafikantoppførsel og faren for misforståelser.

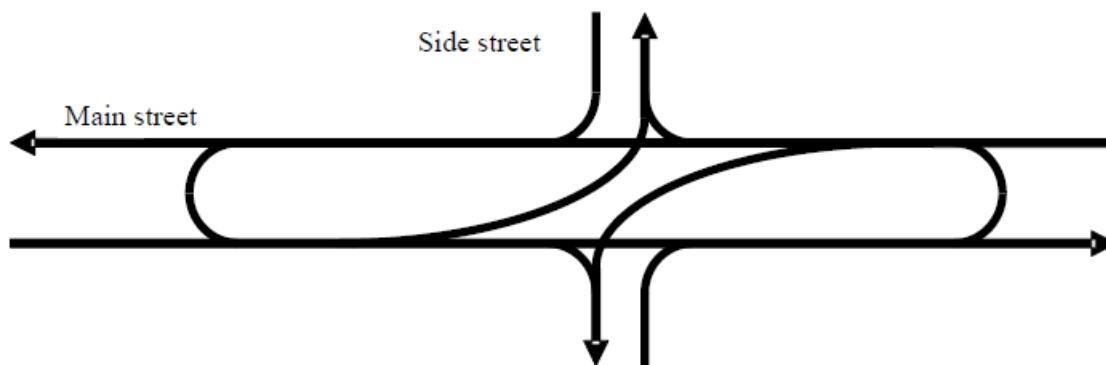
1. Hensikt med utredningen
2. Erfaringer fra tidligere anlegg
3. Valg av krysstype for sammenligning
4. Hovedutfordringen med konvensjonelle forskjøvne T-kryss
5. Sammenligning av antall konfliktpunkter
6. Sikkerhetsbetraktning ved forandrede kjøretøybevegelser
7. Sikkerhetsvurdering knyttet til retardasjonsfeltet for U-sving
8. Vurdering av siktforhold for vikepliktige kjøretøy
9. Detaljer for å hindre utilsiktede svingebevegelser
10. Risikoanalyse for modifisert RCUT
11. Samlet trafikksikkerhetsvurdering for RCUT

Hensikt med utredningen

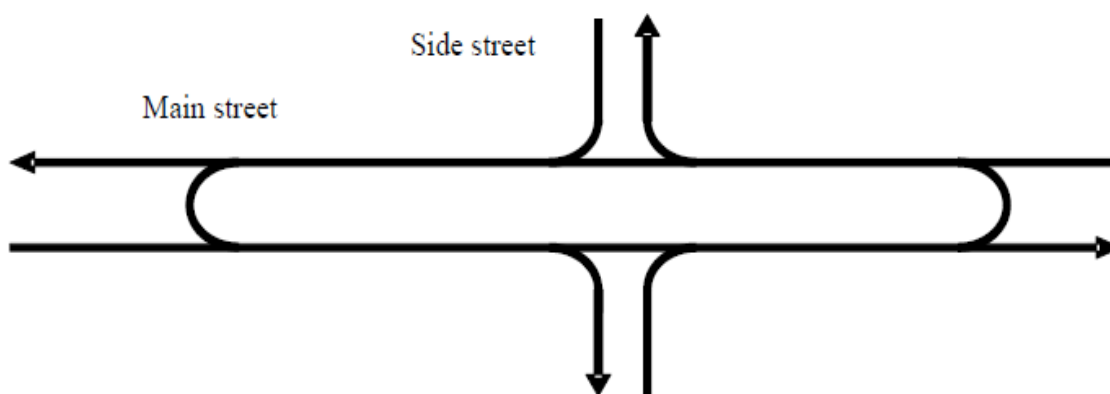
Hensikten med trafikksikkerhetsutredningen er å kartlegge fordelene og ulempene med den foreslåtte utformingen av RCUT. Løsningen tar sikte på å forenkle venstresving og gjennomkjøring på sideveg, slik at noen sikkerhetsutfordringer i tradisjonelle vegkryss kan tenkes å bortfalle. I tillegg er det viktig å kartlegge faren for utilsiktede svingebevegelser.

Trafikksikkerhetsbetraktninger fra tidligere anlegg

Det finnes RCUT-løsninger bygget i utlandet, særlig i USA. Flesteparten av disse er bygget med såkalt «direct left turn»-konfigurasjon (Hughes et al., 2010, s. 154), som gjør at direkte sammenligning med den foreslåtte versjonen må foretas med varsomhet. Denne konfigurasjonen er illustrert i Figur 6.6.1, mens Figur 6.6.2 illustrerer basistilfellet som RCUT-løsningen i oppgaven er basert på. Flesteparten av de amerikanske RCUT-kryssene er signalregulert, hvilket innebærer mindre strenge siktkrav på tilfarer og ved U-sving. Det finnes også stoppskiltregulerte RCUT-kryss.



Figur 6.6.1: RCUT med konfigurasjon for direkte venstresving (Hughes et al., 2010, s. 112)



Figur 6.6.2: RCUT uten mulighet for direkte venstresving (Hughes et al., 2010, s. 112)

Rapporten poengterer at den største faren ved implementering av kryssene, har vært muligheten for at forvirrede trafikanter kan foreta utilsiktede svingebevegelser over i motgående kjøreretning (Hughes et al., 2010, s. 140). Dette har i etterkant vist seg å være uproblematisk.

Det er foreløpig vanskelig å kvantifisere trafikksikkerheten i slike kryss, ettersom de fleste er bygget såpass nylig at det ikke finnes tilstrekkelig data til å utføre før- og etteranalyser. For enkelte RCUT-kryss i delstaten North Carolina, finnes tydelige tendenser til reduksjon av kollisjonsfrekvens i forbindelse med venstresving i RCUT-kryss (Hughes et al., 2010, s. 154).

Det er verdt å merke seg at trafikksikkerhetsvurderinger for de fleste signalregulerte RCUT-løsninger i USA baserer seg på sammenligning med signalregulert X-kryss. Tilsvarende baserer vurderingen for stoppskiltregulerte RCUT-løsninger seg på helt enkle X-kryss på såkalte «2+2»-veger i landlige strøk. Bruken av slike kryss er ikke vanlig i Norge, hvilket medfører at slike erfaringstall ikke er sammenlignbare. Det trengs derfor en vurdering av hvilken «typisk norsk» krysstype som kan være aktuell å sammenligne med.

Valg av krysstype for sammenligning

RCUT kan i teorien benyttes som erstatning for flere typer kryss:

- Rundkjøringer
- X-kryss
- Planskilte kryss
- To forskjøvne T-kryss

For sammenligning er det ønskelig å benytte et kryss som er tillatt å anrette etter gjeldende krav. «NA-rundskriv 2015/15» stadfester at rundkjøringer bare kan anrettes på hovedveger med dimensjoneringsklasse H1 og H6, der vegen går gjennom urbane områder med fartsgrense 60 km/t eller mindre. Tilsvarende krav gjelder for X-kryss. Sammenligning av med disse kryssene er dermed ikke representativt for de fleste dimensjoneringsklasser.

Planskilte kryss benyttes typisk kun der det er ansett som særskilt behov, som funksjon av trafikkmengde og fartsnivå. Som beskrevet i geometridelen, er RCUT tenkt anlagt mellom en middels høyt trafikkert hovedveg, og en trafikkert sideveg. Det anses som i overkant konservativt å anrette planskilt kryss for en slik krysningssituasjon.

To forskjøvne T-kryss anses derfor som beste tradisjonelle løsning for sammenligningen. På denne måten fås én-til-én sammenligning mellom fartsnivået på tilfartene, samt vinkelen mellom tilstøtende veger.

Hovedutfordringen med konvensjonelle forskjøvne T-kryss

I tradisjonelle vikepliktsregulerte kryss, ligger mye av ansvaret på vikende trafikanter. Det kan være vanskelig å foreta riktige avgjørelser ved kryssing av flere trafikkstrømmer av høyere prioritet. Vikepliktsregulerte T-kryss er særlig problematiske dersom sidevegtrafikk skal vike for en sterkt trafikkert hovedveg med høy fartsgrense. Aller verst er forholdene for venstresvingende sidevegtrafikk, ettersom disse har lavest prioritet i krysset, og må finne en tilstrekkelig luke som er avhengig av tre samtidige trafikkstrømmer. I tillegg til å traversere selve kryssområdet, må tidsluken som velges være tilstrekkelig stor, slik at kjøretøyet har mulighet til å akselerere til et fartsnivå som samsvarer med hovedvegtrafikken. Dette kan medføre at nødvendig tidsluke blir meget lang. Samtidig kan en feilaktig bedømmelse av nødvendig tidsluke få store konsekvenser.

For venstresving fra sideveg foreligger det risiko for sammenstøt med gjennomgangstrafikk på to steder:

- I kryssområdet er det en risiko for direkte sammenstøt med gjennomgangstrafikk fra begge retninger. Kollisjonen vil ha stor hastighetsforskjell og kollisjonsvinkel.
- Det foreligger risiko for påkjøring bakfra selv etter fullført venstresving. Denne er størst dersom tidsluken feilberegnes slik at den er «litt for kort». Kjøretøyet vil dermed ha nok tid til å traversere kryssningen, men ikke ha tilstrekkelig tid til fartsøkning. Det samme gjelder for høyresving fra sidevegen. Ulykkens alvorlighetsgrad avhengig av hastighetsforskjellen mellom involverte kjøretøy.

Sett under ett, vil forskjøvnede T-kryss «doble» de beskrevne utfordringene. Dette resulterer i et kryssområde hvor enkelte trafikkstrømmer må utføre flere farlige svingebevegelser. Dermed økes risikoen for at enkelte trafikanter begår førerfeil. Tilsvarende skaper kryssløsningen to steder med konsentrerte konfliktpunkter (hovedkryssene). Her er mange trafikkstrømmer, tre kryssende konflikter, og store hastighetsforskjeller.

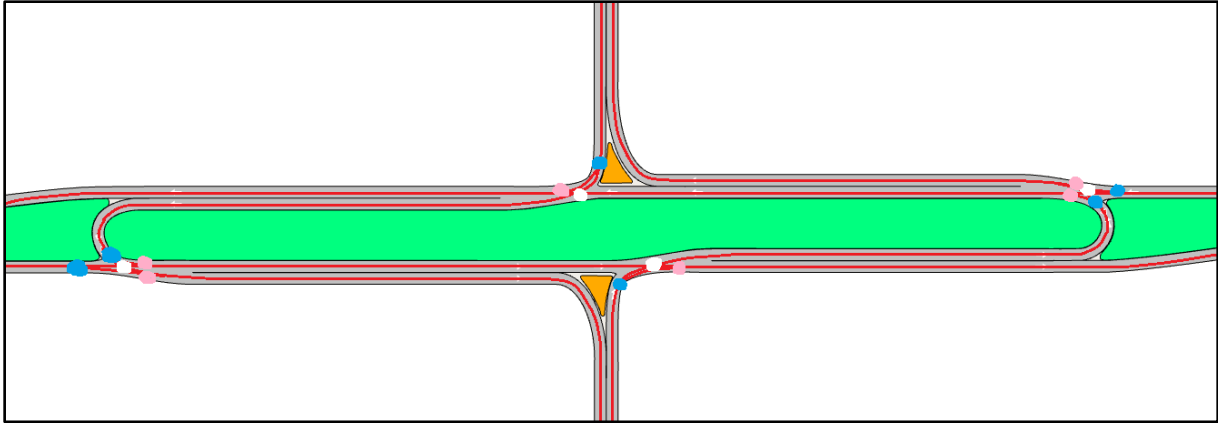
Farenivået knyttet til forskjøvnede T-kryss avhenger også av avstanden mellom kryssene. Dersom de forskjøvnede T-kryssene anrettes nær hverandre, er det tenkelig at gjennomkjørende sidevegtrafikk ikke har tilstrekkelig tid til å oppnå tilsvarende fart som hovedvegtrafikken før avsving mot høyre skal finne sted. Dette kan være et irritasjonsmoment for hovedvegtrafikken, samt en sikkerhetsutfordring.

Sammenligning av antall konfliktpunkter

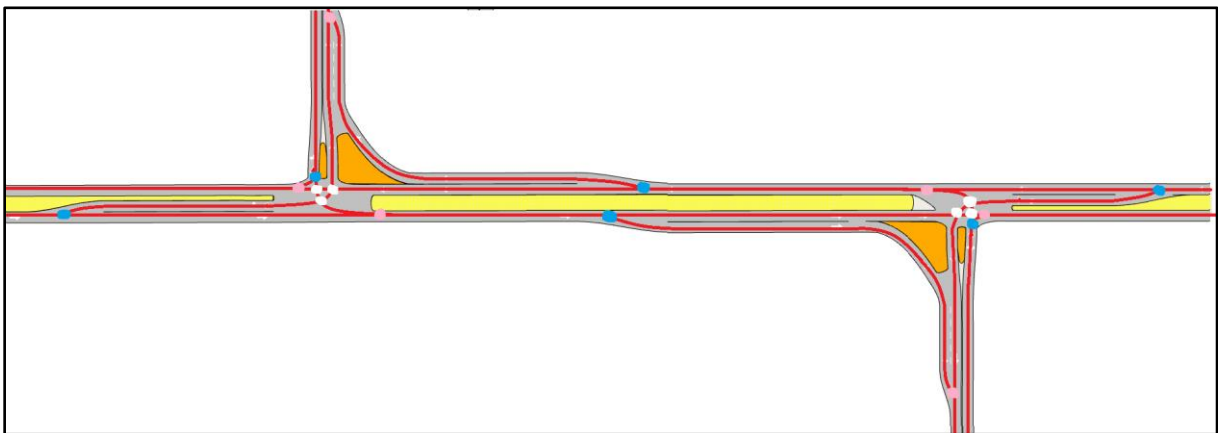
Konfliktpunktene i RCUT og forskjøvnede T-kryss er illustrert i henholdsvis Figur 6.6.3 og 6.6.4. En overordnet gjennomgang viser at RCUT har 16 konfliktpunkter, mens forskjøvnede T-kryss har 18. Konfliktpunktene er kategorisert i Tabell 6.6.1.

Tabell 6.6.1: Sammenstilling av konfliktpunkter for RCUT og forskjøvnede T-kryss

	Konvergerende	Kryssende	Divergerende	Totalt
Modifisert RCUT	6	4	6	16
Forskjøvnede T-kryss	6	6	6	18



Figur 6.6.3: Konfliktpunkter i modifisert RCUT



Figur 6.6.4: Konfliktpunkter i forskjøvne T-kryss (prinsippskisse)

Reduksjonen av konfliktpunkter i RCUT skyldes eliminering av kryssende konflikter. For RCUT forekommer størsteparten av konfliktene over fire spesifikke konfliktområder, mens konfliktene i forskjøvne T-kryss opptrer nesten utelukkende i hovedkryssene.

Sikkerhetsbetraktning ved forandrede kjøretøybevegelser

Konsekvensene for trafiksikkerhet kan kartlegges på bakgrunn av endrede kjøretøybevegelser i RCUT-løsningen, sammenlignet med forskjøvne T-kryss. En oversikt over mulige svingebevegelser i kryssene er vist i Tabell 6.6.2. Her beskrives hvilke bevegelser som endres i den alternative utformingen. De endrede bevegelsene gjennomgås separat.

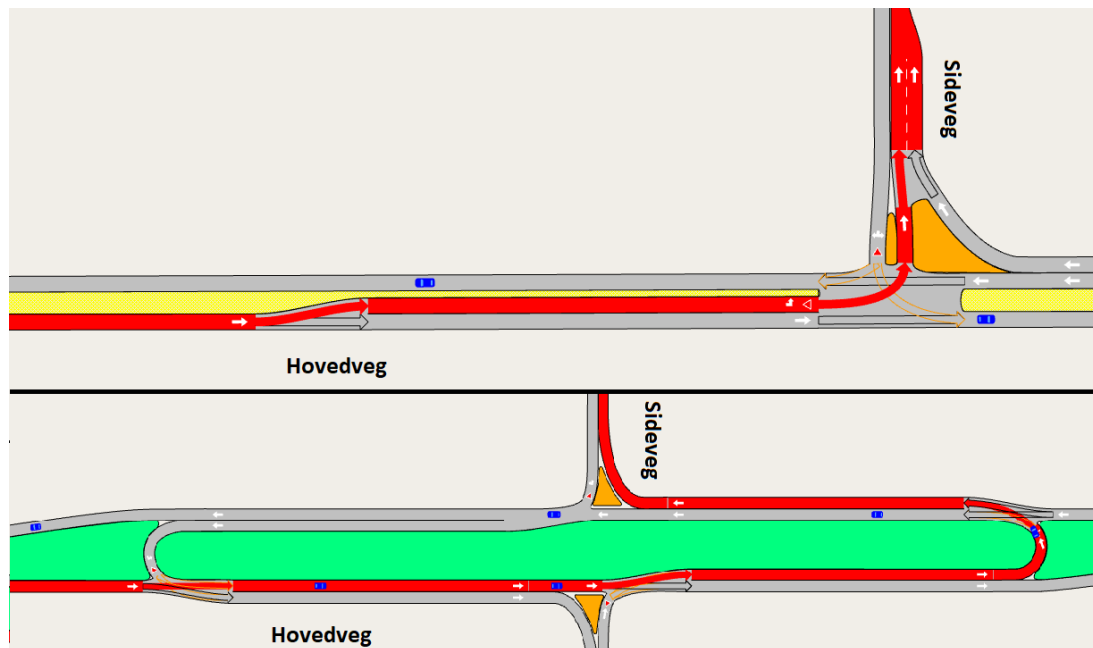
Tabell 6.6.2: Gjennomgang av svingebevegelser for RCUT

Svingebevegelse	Fra	Til	Utførelse i forhold til kanalisert T-kryss
Gjennomkjøring hovedveg	Vest	Øst	Uendret
	Øst	Vest	
Høyresving fra hovedveg	Vest	Sør	Uendret
	Øst	Nord	
Venstresving fra hovedveg	Vest	Nord	Endret
	Øst	Sør	
Gjennomkjøring sideveg	Sør	Nord	Endret
	Nord	Sør	
Høyresving fra sideveg	Sør	Øst	Uendret
	Nord	Vest	
Venstresving fra sideveg	Sør	Vest	Endret
	Nord	Øst	

Ettersom krysset er symmetrisk sett fra hver tilfart, er det kun nødvendig å diskutere én av hver bevegelse. Bevegelser markert i gult i tabellen omtales videre.

Venstresving fra hovedveg

Bevegelsen er illustrert i Figur 6.6.5, og diskuteres i Tabell 6.6.3.



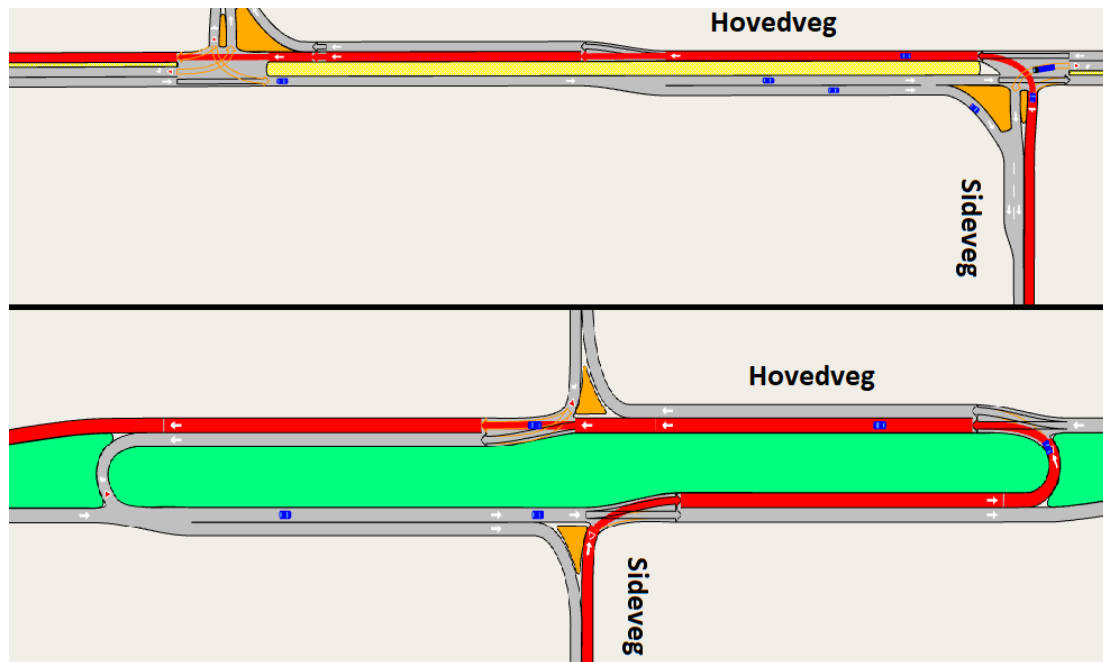
Figur 6.6.5: Venstresving fra hovedveg (V – N)

Tabell 6.6.3: Diskusjon av venstresving fra hovedveg

Forskjøvne T-kryss	RCUT
<p>Sikkerhetsutfordring(er):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kryssende konflikt med gjennomgangstrafikk fra motgående retning i hovedkryss. Stor vinkel og hastighetsforskjell. Høy alvorlighetsgrad. • Kryssende konflikt med venstresving fra sideveg. Her er stor vinkel, men lave hastigheter. <p>Sikkerhetsfordel(er):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Krysninger foregår over begrenset område (hovedkrysset). Kjøretøyet er utenfor faresonen etter kort tid. 	<p>Sikkerhetsutfordring(er):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Involvert i tre konfliktområder. Før U-svingefelt har bevegelsen forkjørsrett, men er utsatt for førerfeil fra vikende trafikanter. • Må vike i U-svingefeltet for å krysse motgående trafikk på hovedvegen. • Kødannelse i retardasjonsfeltet • Hastighetsforskjell i høyresvingefelt etter U-sving. Risiko for påkjøring bakfra. • Krysset kan være vanskelig å forstå. <p>Sikkerhetsfordel(er):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bevegelsen stegvis, slik at konfliktområdene spres over kryssets geometri

Venstresving fra sideveg

Bevegelsen er illustrert i Figur 6.6.6, og diskuteres i Tabell 6.6.4.



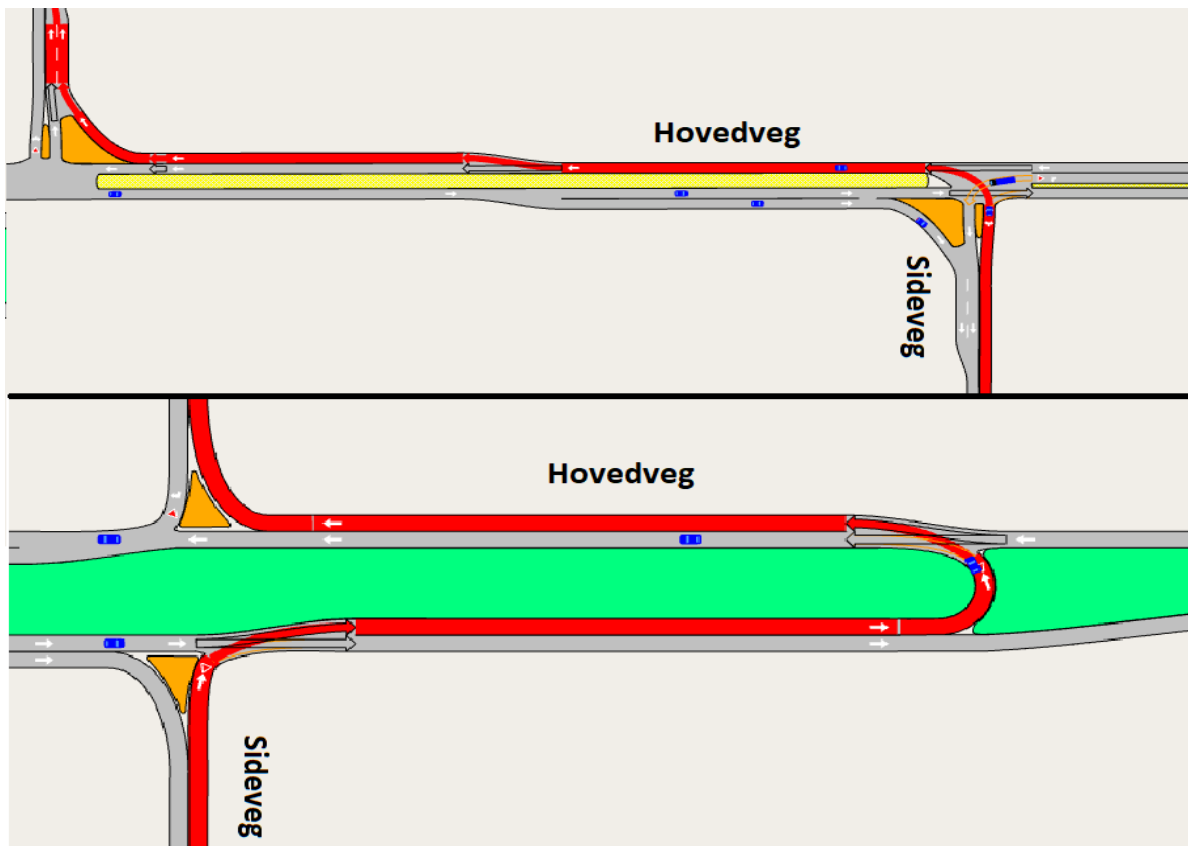
Figur 6.6.6: Venstresving fra sideveg (S – V)

Tabell 6.6.4: Diskusjon av venstresving fra sideveg

Forskjøvne T-kryss	RCUT
<p>Sikkerhetsutfordring(er):</p> <p>Farligste bevegelsen i T-kryss. Mange samtidige hensyn:</p> <ul style="list-style-type: none">• Må først krysse V-Ø gjennomkjøring, og deretter konvergere med Ø-V gjennomkjøring. Alvorlige konfliktpunkter.• Uriktig utført venstresving representerer fare for gjennomgangstrafikk.• Det trengs stor luke. Både venstresving og fartsøkning må utføres i tidsluken.	<p>Sikkerhetsutfordring(er):</p> <ul style="list-style-type: none">• Bevegelsen er mindre intuitiv i RCUT• Kødannelse i retardasjonsfeltet for U-sving.• Må vike både på sidevegen og i U-svingefeltet. Kreves stor luke ved U-sving. Må tilpasse seg hovedvegens fartsnivå. <p>Sikkerhetsfordel(er):</p> <ul style="list-style-type: none">• Kun nødvendig å vurdere til én trafikkstrøm i hver vikepliktsituasjon. Konfliktpunkter spres og bevegelsen utføres mer stegvis.• Situasjonen blir mer oversiktlig.

Gjennomkjøring langs sideveg

Bevegelsen er illustrert i Figur 6.6.7, og diskuteres i Tabell 6.6.5.



Figur 6.6.7: Gjennomkjøring på sideveg (S – N)

Tabell 6.6.5: Diskusjon av gjennomkjøring langs sideveg

Forskjøvne T-kryss	RCUT
Sikkerhetsutfordring(er): <ul style="list-style-type: none">• Identiske utfordringer som ved for venstresving fra sideveg.	Sikkerhetsutfordring(er): <ul style="list-style-type: none">• Identiske utfordringer som ved «diskusjon av venstresving fra sideveg». Sikkerhetsfordel(er): <ul style="list-style-type: none">• Identiske fordeler som for venstresving fra sideveg, med unntak av at ledig luke kan tenkes å være noe kortere. Det kreves mindre fartstilpasning enn ved U-sving over i gjennomkjøringsfelt.

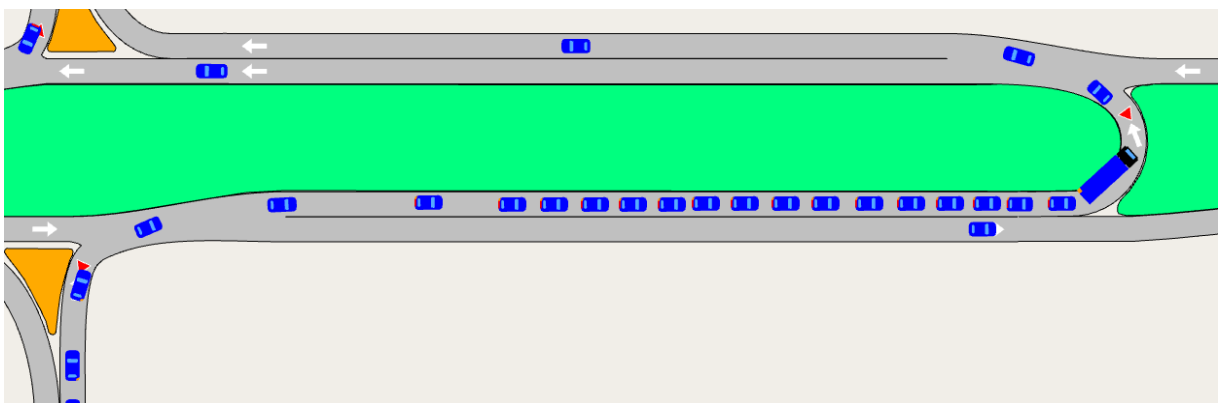
Sikkerhetsvurdering knyttet til retardasjonsfeltet for U-sving

RCUT samler trafikkstrømmene på lignende måte som i en rundkjøring. Dette innebærer at flere kjøretøystrømmer pålegges å bruke venstresvingefeltene for å utføre tiltenkt bevegelse, sammenlignet med forskjøvnede T-kryss. Mens venstresvingefeltene i T-kryss kun behandler venstresvingende hovedvegtrafikk, behandler retardasjonsfeltet for U-sving i RCUT hele tre trafikkstrømmer:

- Venstresving fra hovedveg
- Venstresving fra sideveg
- Gjennomkjøring langs sideveg

Kapittel 6.1 argumenterer for retardasjonsfeltets lengde. Dersom krysset påføres større trafikk enn dimensjonerende mengder, kan det oppstå kødannelse her, slik at sikkerhetsmarginene reduseres. Kø kan medføre at enkelte kjøretøy ikke makter å utføre fartsreduksjon på tilgjengelig avstand, slik at påkjøring bakfra kan forekomme.

Et «skrekkeeksempel», der køen forplanter seg over store deler av retardasjonsfeltet er vist i Figur 6.6.8. I et slikt tilfelle vil hurtiggående venstresvingende hovedvegtrafikk få problemer med fartsreduksjon. Dette er imidlertid meget usannsynlig, og det kreves enorme trafikkmengder for å gjenskape den aktuelle situasjonen. Det foreligger liten risiko for tilbakeblokkering av retardasjonsfeltet, sett i lys av typisk norsk trafikkbelastning på tilsvarende dimensjoneringsklasser.



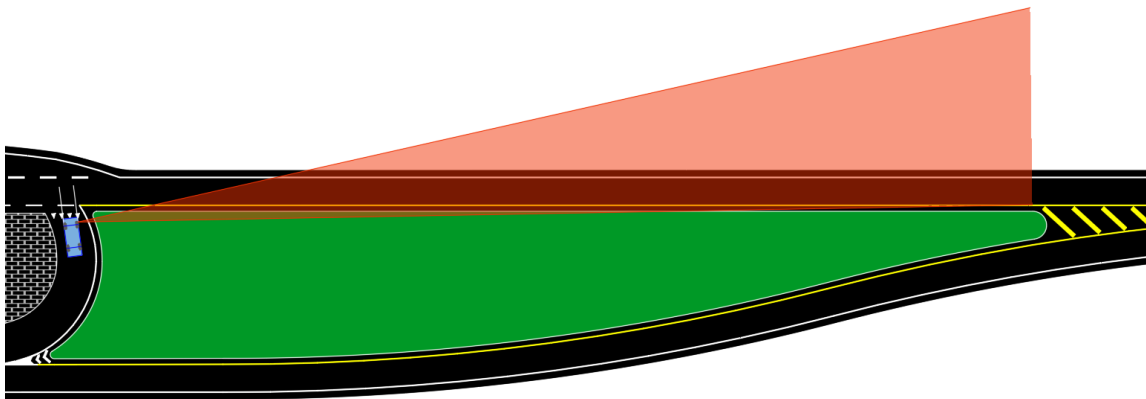
Figur 6.6.8: Omfattende kødannelse i retardasjonsfeltet for U-sving

Vurdering av siktforhold for vikepliktige kjøretøy

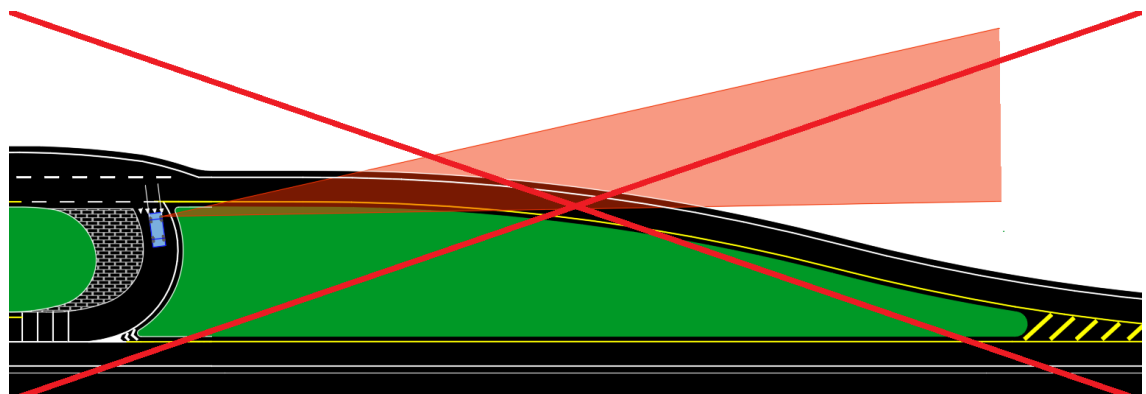
RCUT er tenkt anrettet med en stor hovedtrafikkøy, samt to sideøyer. Formålet med disse trafikkøyene er å dele motgående kjøreretninger, og sørge for nødvendig manøvreringsareal for modulvogntog i U-svingefeltene.

Geometri og beplantning på sideøyer

Krysningen mellom gjennomkjøringsfeltet og U-svingefeltet tilrettelegger for lange, gode siktforhold for vikepliktige kjøretøy, vist i Figur 6.6.9. Dersom innsnevringen av kjørefeltene gjøres «motsatt», blir siktforholdene betydelig forverret. Dette er illustrert i Figur 6.6.10.



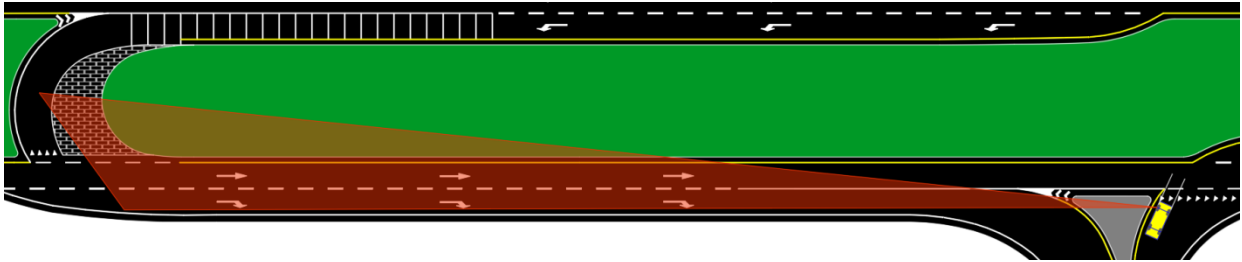
Figur 6.6.9: Gode siktforhold for vikende trafikk i U-svingefelt



Figur 6.6.10: Dårlige siktforhold for vikende trafikk i U-svingefelt

For å opprettholde siktlinjer for vikende kjøretøy i U-svingefeltene, bør sideøyene beplantes med lavt gress eller lignende. Høy beplantning vil forringe siktforholdene, Gode siktlinjer kan redusere faren for at vikende kjøretøy feiloppfatter hovedvegtrafikkens avstand og fartsnivå.

Sidevegtrafikk tildeles også god sikt etter samme utformingsprinsipp med tilnærmet vinkelrett påkobling av vegene. Siktforhold for kjøretøy på sideveg er illustrert Figur 6.6.11.



Figur 6.6.11: Illustrasjon av siktforhold for vikende kjøretøy i hovedkryss

Geometri og beplantning på hovedtrafikkøy

Kjøretøy på hver side av hovedtrafikkøya har ingen interesse av trafikken på motsatt side. Hovedtrafikkøya representerer dermed et areal som gir gode muligheter for beplantning av trær, busker, hekk eller lignende. Trafikk på motsatt side av hovedtrafikkøya kan være et forstyrrende element for avsvingende sidevegtrafikk. Beplantning kan være et godt virkemiddel for å gjøre krysset oversiktlig og mindre stressende. Størrelsen på hovedtrafikkøya gir også gode forhold for snølagring, og hindrer dermed at snø akkumuleres i vegbanen.

Detaljer for å hindre utilsiktede svingebevegelser

Hjørneavrunding av trafikkøyer utføres med minste tillatte radius ($R = 0,5$ meter) på steder hvor trafikken skal ledes til å foreta tiltenkt svingebevegelse. Dette er viktig ved påkobling av sideveg og hovedveg, og ved påkobling av U-svingefelt og motgående hovedveg. Skilting og oppmerking er også anrettet for å oppfordre til korrekt trafikantoppførsel. For eksempel skiltes det ikke for venstresving fra hovedveg *før* kjøretøy har passert U-svingefeltet. Dette reduserer sannsynligheten for utilsiktet venstresving inn motgående U-svingefelt. Et eksempel vedrørende oppmerking, er at det anrettes symboloppmerking på sidevegen som viser at kun høyresving er tiltenkt.

Risikoanalyse for RCUT

Det utføres en forenklet risikoanalyse i tråd med hovedelementene i HAZID-modellen (hazard identification), beskrevet i V721.

Trinn 1: Beskrive analyseobjekt, formål og vurderingskriterier

- **Beskrivelse av analyseobjekt:**
 - **Objekt:** Krysset som helhet
 - **Trafikantgrupper:** Førere av motoriserte kjøretøy
 - **Ulykkestyper:** Alle typer ulykker som involverer minst ett kjøretøy
- **Formål:** Grov utredning av risikomomenter for kryssløsningen
- **Vurderingskriterier:** Skjønnsmessig vurdering

Trinn 2 - 4: Identifikasjon av risikoelementer, klassifisering og tiltak

Det er viktig å sørge for at kryssets utforming bidrar til god trafikantoppførsel slik at kryssets virkemåte oppfattes, og at muligheten for misforståelser minimeres.

En kartlegging og drøfting av risikoelementer (faremomenter) i kryssløsningen er gjengitt i Tabell 6.6.6. De fleste av risikoelementene knytter seg til det faktum at krysset er uprøvd for norske forhold, og dermed kan skape forvirring og misforståelse blant trafikanter. Dette gjelder i særlig grad problematikken knyttet til kjøring i motsatt kjøreretning. I tillegg eksisterer det mulig problematikk rundt «sambruk» av avkjøringsfelt og retardasjonsfelt av kjøretøy i ulike hastigheter.

Tabell 6.6.6: Risikoanalyse for RCUT

Trinn 2		Trinn 3			Trinn 4
Risikoelement	Beskrivelse	S	K	R	Tiltak / argument
1. Utsiktet venstresving fra sideveg	Kjøretøy på sidevegtilfart kan misoppfatte krysset, og foreta venstre- sving over i motgående retning	L	H		<ul style="list-style-type: none"> • Skilting og oppmerking (påkrevd høyresving må framkomme) • Trafikkøy og geometri med optisk ledning
2. Kollisjon mellom hovedveg- trafikk og sidevegtrafikk i hovedkryssene	Trafikk på sidevegtilfart skal vike for hovedveg- trafikk. Dersom luke feilbedømmes, kan alvorlige ulykker forekomme	L	H		<ul style="list-style-type: none"> • Sikre gode siktlinjer • Redusere fartsgrensen for hovedvegtrafikk i kryssområdet (f.eks. 70 km/t) • Sannsynlighet settes til «lav», ettersom vikende kjøretøy kun forholder seg til én trafikkstrøm
3. Utsiktet høyresving fra U-svingefelt	Kjøretøy som viker i U-svingefelt kan misoppfatte krysset, og foreta høyresving over i motgående kjøreretning	L	H		<ul style="list-style-type: none"> • Skilting og oppmerking • Sideøyer med optisk ledning og krapp avrunding
4. Kollisjon mellom U- svingende kjøretøy og hovedveg- trafikk	Feilvurdering av tilstrekkelig luke kan medføre alvorlige sidekollisjoner og påkjøring bakfra. Her trengs stor luke for å oppnå rett fart	L	H		<ul style="list-style-type: none"> • Sikre god sikt for vikende kjøretøy (oppretholde lav beplantning på sideøy) • Vurdere stoppskilt istedenfor vikeplikt • Redusere hovedvegens fartsgrense i kryssområdet

5. Utsiktet venstresving fra hovedveg og inn på U- svingefelt	Venstresvingende hovedvegtrafikk kan misoppfatte krysset, og foreta venstre- sving inn i første U- svingefelt som passerer (motgående retning).	L	M		<ul style="list-style-type: none"> • Ikke like høy konsekvens som risikoelement 1 og 2. Kjøretøy i U-svingefeltet har lav fart • Ikke sette opp vegvisningsskilt mot venstre før gjennomgangstrafikk har passert avkjørselen • Sideøyer med krapp avrunding
6. Kødannelse i retardasjonsfelt for U-sving	Avkjøringsfelt kan være for kort til å håndtere stor trafikk. Kan føre til påkjørsler bakfra	L	L		<ul style="list-style-type: none"> • Alvorlighetsgrad avhenger av trafikkmengde (lite sannsynlig) • Øke lengden på feltene (større kømagasin)

Samlet trafikksikkerhetsvurdering for RCUT

RCUT synes å forbedre trafikksikkerheten sammenlignet med forskjøyne T-kryss. Konflikt-punktene fordeles over større avstander, og muliggjør vikeplikt for bare én retning om gangen ved samtlige krysningssituasjoner. Dette medfører at alle krysninger anses som enkle og trygge å utføre. Dette medfører at trafikantenes konsentrasjon forblir på de viktigste aspektene ved krysningen, hvilket er å vurdere lukene som dukker opp mellom kjøretøy på hovedvegen.

Det kan i tillegg argumenteres for at RCUT er en mer fleksibel løsning enn forskjøyne T-kryss, ettersom krysset tillater U-sving for alle tilfarter. Både vikepliktsituasjonen og muligheten for U-sving minner dermed om situasjonen i dagens rundkjøringer. U-sving kan i mange tilfeller anses som farlig på veger med høy hastighet, men geometrien i RCUT muliggjør U-sving uten større faregrad enn venstresving i samme kryss. Kryssets geometri innbyr også til kjøring i tiltenkte retninger, og anses som trafikksikkert.

7. Utredning av DDI

Utredningen av DDI-kryssets gjøres etter følgende oppbygning:

1. Geometrisk utforming
2. Skiltplan
3. Oppmerkingsplan
4. Brøyteplan
5. Trafikkavvikling
6. Trafikksikkerhet

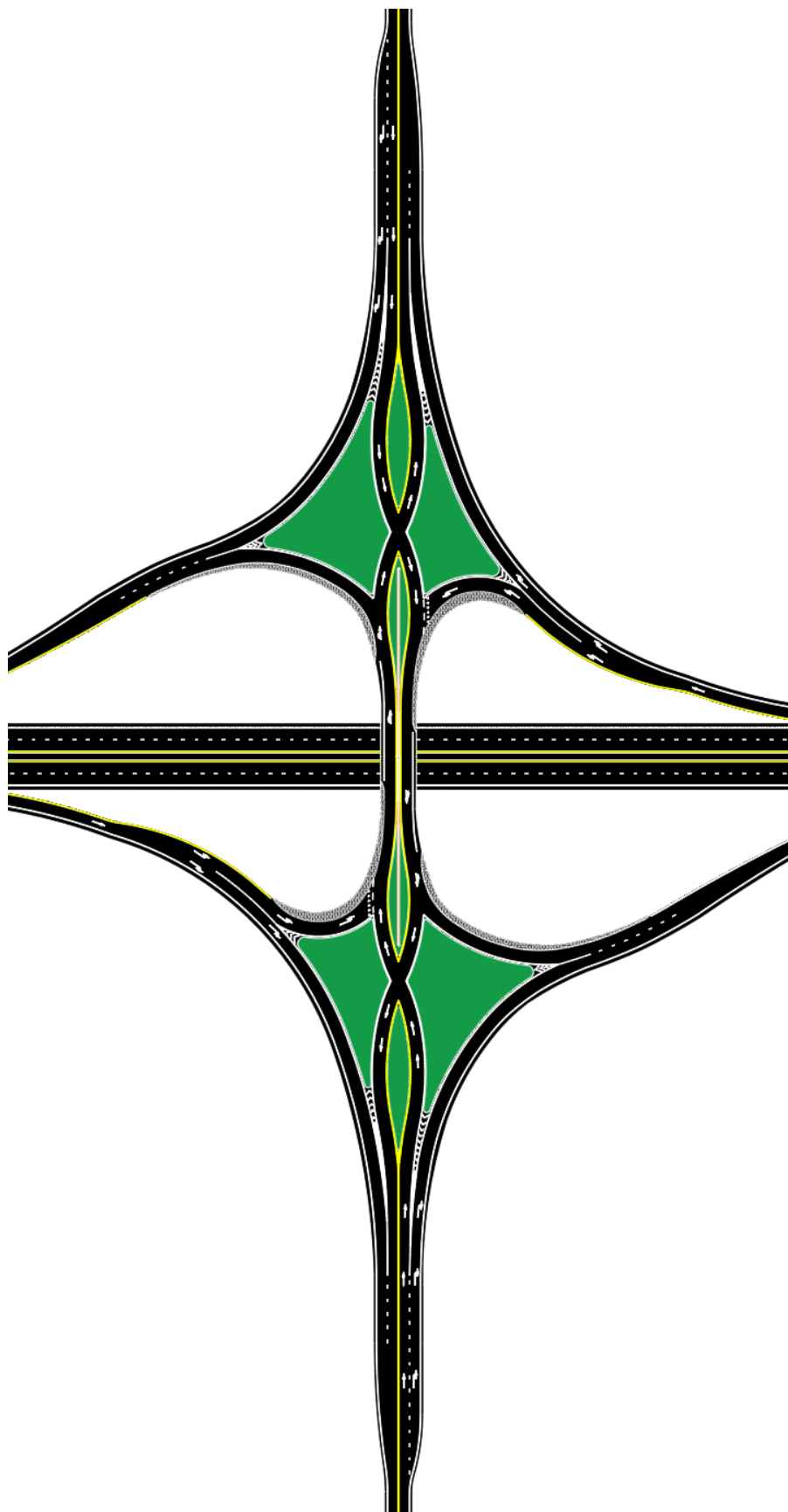
7.1 Geometri

Introduksjon

DDI-løsningen er et planskilt kryss. Krysset skiller seg fra konvensjonelle planskilte løsninger gjennom at trafikken som krysser motorvegen har nytt kjøremønster. Gjennomkjøring langs sideveg, samt venstresving både fra motorveg og sideveg, forenkles ved at kjøreretningene «byttes om» på broen. Nytt kjøremønster innebærer at motgående trafikk på sideveg krysses i forkant og etterkant av broen. Krysningspunktene tenkes regulert med signalregulering.

DDI-krysset har potensiale for å redusere tilbakeblokkering av avkjøringsrampen. Dette kan øke avviklingskvaliteten og trafikksikkerheten i krysset, sammenlignet med tradisjonelle toplanskryss. DDI er tiltenkt områder hvor en høyt trafikkert sideveg krysser en motorveg. Her vil det tradisjonelt i Norge anlegges toplanskryss med rundkjøringer. Kapitlet drøfter og argumenterer for løsningsforslaget for kryssløsningen, som vist i Figur 7.1.1.

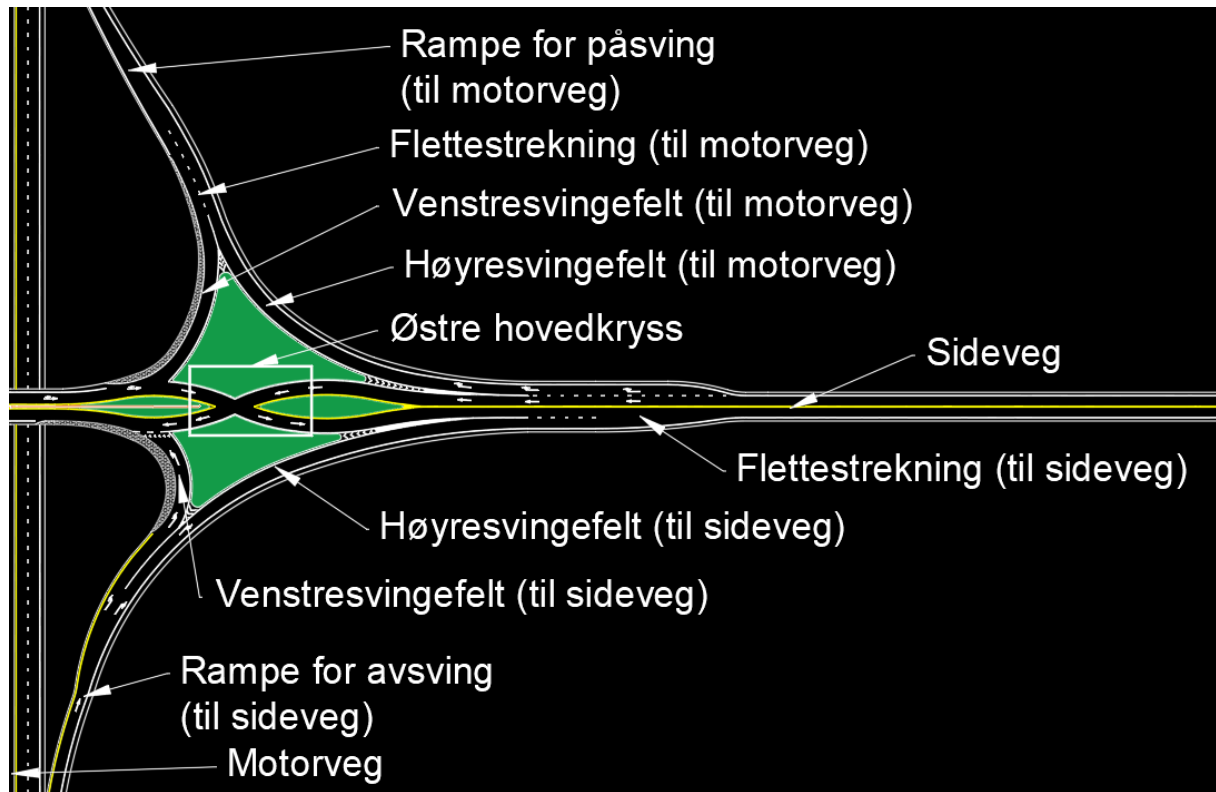
Utredningen legger ikke stor vekt på utforming av nedre del av på- og avkjøringsramper. Disse tenkes anrettet etter konvensjonelle krav i V121. Det blir ikke heller foretatt vurdering knyttet til dimensjoner av siderekkeverk og ytre skulderbredde langs broen.



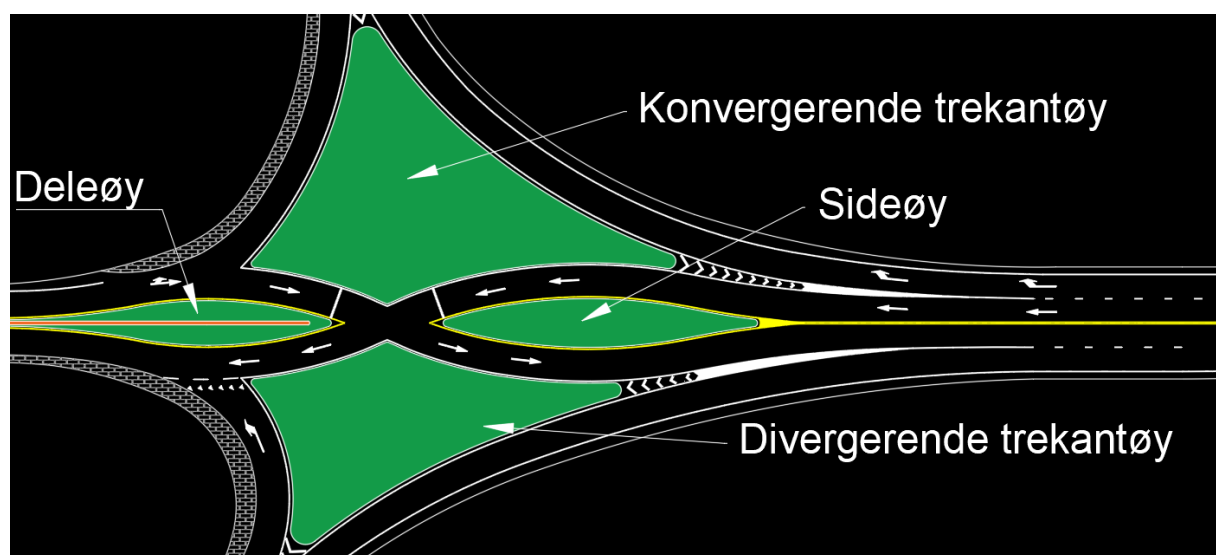
Figur 7.1.1: Prinsippskisse av DDI

Prinsippskisser

Geometrien i krysset introduseres i Figurer 7.1.2 og 7.1.3. Her illustreres begreper som benyttes for å drøfte løsningsforslaget. Krysset er «symmetrisk» om broens midtpunkt, og utredningen tar utgangspunkt i den østre delen av krysset.



Figur 7.1.2: Prinsippskisse for kjørefelt og hovedkryss i DDI-krysset



Figur 7.1.3: Prinsippskisse for trafikkøyer i DDI-krysset (østre side)

Valg av dimensjoneringsklasser

Krysset foreslås anlagt som forbindelse mellom motorveg og en relativt trafikkert sideveg. Typisk bruksområde er en ringveg eller øvrig vegforbindelse av høy standard, med mye trafikk. Det foreligger flere mulige valg for dimensjoneringsklasse for de enkelte vegene.

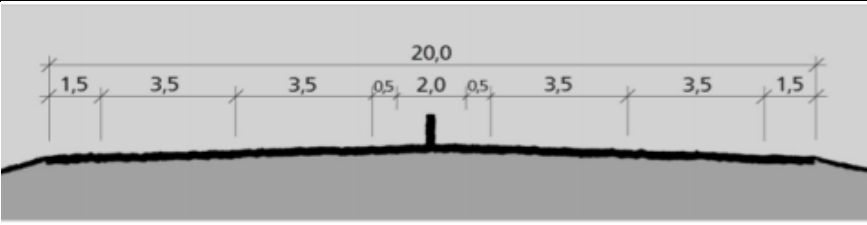
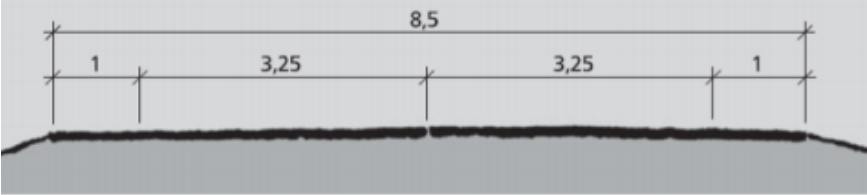
Dimensjoneringsklasse for motorveg

Motorvegen dimensjoneres som 4-feltsveg med fartsgrense 80 km/t eller høyere. Det foreligger tre aktuelle dimensjoneringsklasser i N100; H7, H8 og H9. For utredning av DDI-krysset er imidlertid motorvegens dimensjoneringsklasse lite relevant. Krysset ses på isolert, og det er således bare kurvaturen til av- og påkjøringsrampene som påvirkes av valget. H8 benyttes i utredningen, men det presiseres at krysset kan brukes for alle tre vegklassene.

Dimensjoneringsklasse for sideveg

Sidevegen fungerer som tilslutning mellom by og motorveg, og kan være tilfelle for en typisk omkjøringsveg. H1-veg velges. Dette er tofeltsveg for mye trafikk og fartsgrense på 60 km/t. Den bredeste versjonen av H1-veg benyttes. Fartsgrensen på sidevegen vurderes også redusert til 50 km/t i kryssområdet, som følge av krapp horisontalkurvatur.

Valgte dimensjoneringsklasser og detaljer er vist i Figur 7.1.4.

Forklaring	Tverrsnitt
Dimensjoneringsklasse for motorveg	
H8-veg. 20 m bredde, ÅDT 12000–20 000 (mål i meter) (SVV, N100, s. 55)	
Dimensjoneringsklasse for sideveg	
H1-veg. 8,5 m bredde. ÅDT 4 000–12 000 (mål i meter) (SVV, N100, s. 37)	

Figur 7.1.4: Valgte dimensjoneringsklasser for DDI

Utarbeidelse av kryssets geometri

Ettersom mange av løsningene er helt nye, og avhengige av hverandre, krevde utarbeidelsen av DDI-krysset en mer integrert framgangsmåte. Håndbøkenes prinsipper er benyttet i størst mulig grad, og avvik beror på skjønnsmessige vurderinger.

Utarbeidelsen av kryssets geometri krevde en vurdering av følgende forhold:

1. Utforming av retardasjonsfelt og rampe for avkjøring fra motorveg
2. Utforming av kjørefelt for venstresving fra motorvegen
3. Utforming av kjørefelt for høyresving fra motorvegen
4. Utforming av påkjøringsramper til motorvegen
5. Utforming av akselerasjonsfelt og nedre del av påkjøringsrampe
6. Utforming av hovedkryss
7. Utforming av trafikkøyer
8. Forhold knyttet til signalregulering av hovedkryss
9. Springskurver for dimensjonerende kjøretøy

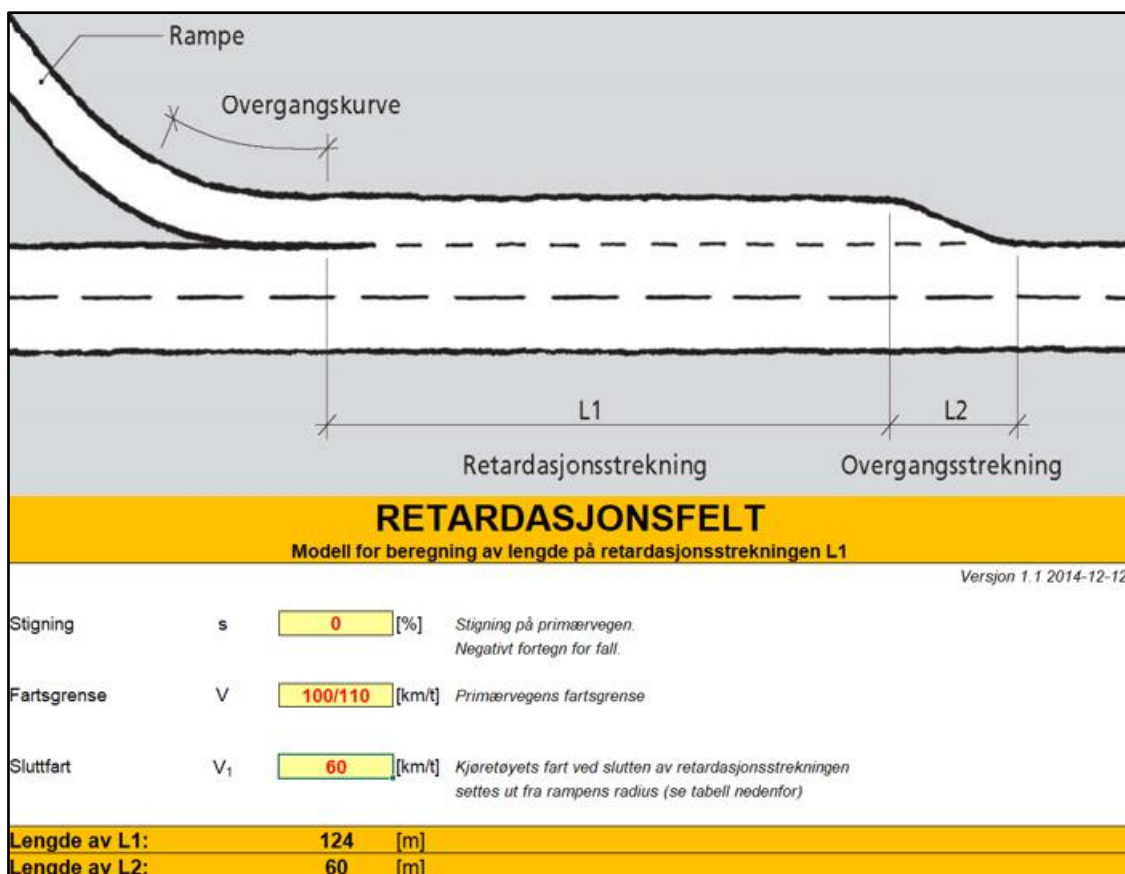
Det foreligger også vurdering av en alternativ løsning som kan være aktuell:

10. Alternativ utforming av overkjørbare arealer for venstresvingerampe

1. Utforming av retardasjonsfelt og rampe for avkjøring fra motorveg

Planskilte kryss trenger retardasjonsfelt for avsving. Feltet består av en retardasjonsstrekning (L1) og en overgangsstrekning (L2). Lengdene bestemmes gjennom Statens vegvesens beregningsmodell, som benyttes med inngangsparametere vist i Figur 7.1.5. Her defineres *slutfarten* (V_1) som farten ved slutten av retardasjonsstrekningen (L1). Ytterligere fartsreduksjon forventes å finne sted i overgangskurven, samt i rampen der kjørefeltene for venstre- og høyresving skiller lag.

Påkrevd lengde for L1 rundes opp til 125 meter, og L2 beholdes som 60 meter. Total lengde blir 185 meter.



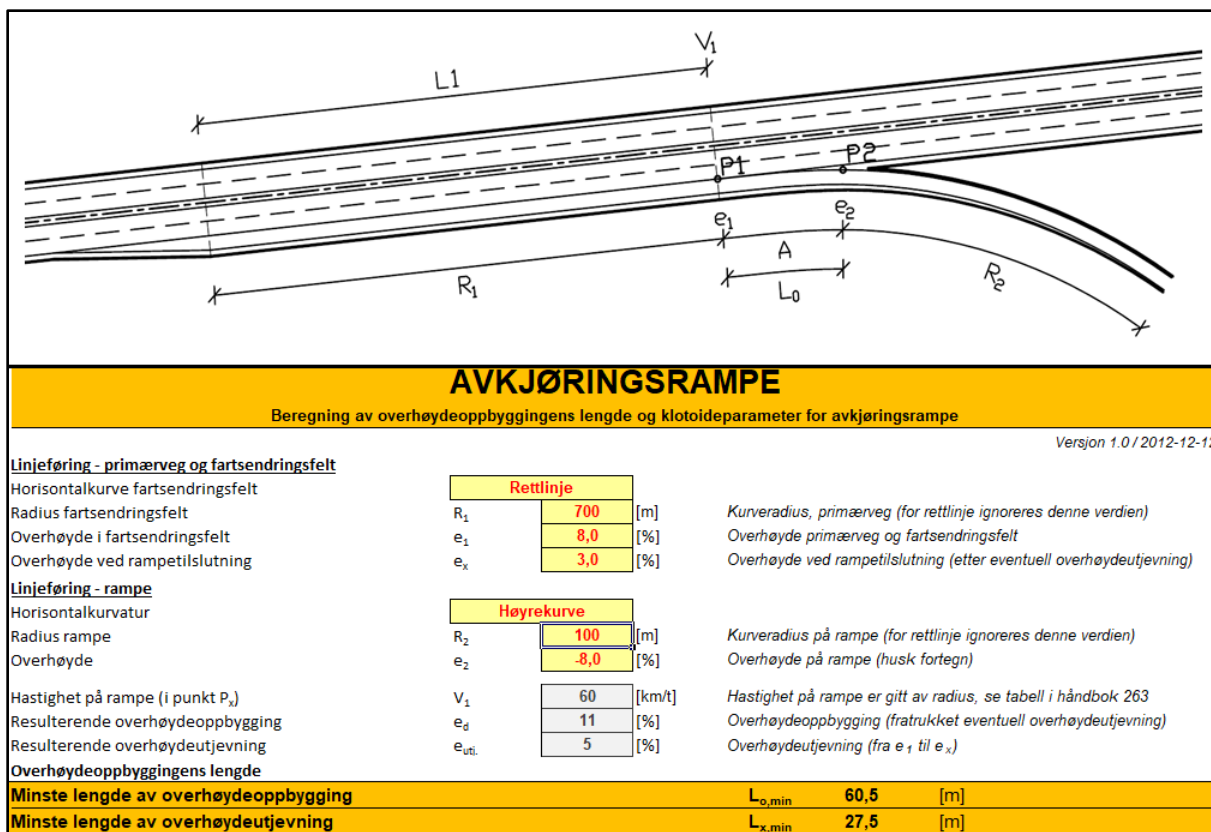
Figur 7.1.5: L1 og L2 for retardasjonsfelt i planskilte kryss (V121, s. 75)

Lengde og utforming av avkjøringsrampe

I etterkant av retardasjonsfeltet, ledes avsvingende trafikk på en rampe. Håndbok V121 legger følgende føringer for utforming av slike ramper: «Ramper skal primært ha ett kjørefelt, men utvidelse til to felt kan være nødvendig på grunn av trafikkavviklingen. Ramper bør ha en kjørefeltbredde på 3,5 m. Høyre skulder bør være 1,5 m bred og venstre skulder 0,5 m» (V121, s. 74). Det ses bort fra stigning i utredningen.

Statens vegvesens regnemodell for avkjøringsramper brukes for å bestemme linjeføringsparametere knyttet til rampen. Størrelsene som omtales, er illustrert i Figur 7.1.6. Følgende parametere er hensyntatt:

- R_1 er rettlinje (vilvåkrlig innsatt verdi for radius ignoreres)
- Verdier for overhøyde beholdes som standard
- R_2 settes til 100 meter: R_2 lik 100 meter er verdien som gir V_1 lik 60 km/t, slik slutfarten er bestemt ved beregningen av L1.



Figur 7.1.6: Overgang mellom fartsendringsfelt og rampe (V121, s. 79)

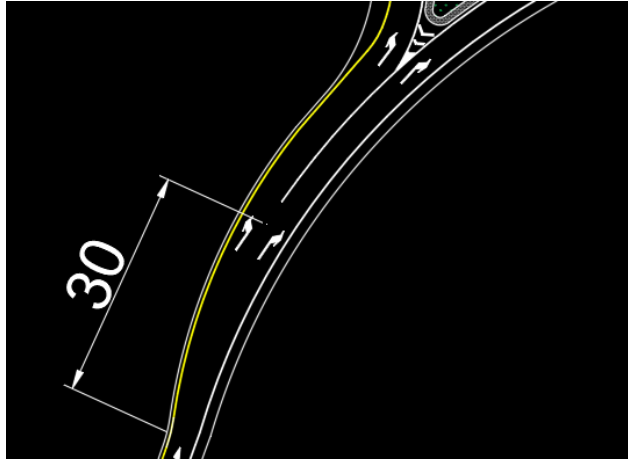
Krysset utformes med følgende parametere i avkjøringsrampen::

- Radius til rampen R_2 er lik 100 meter
- Overgangskurven mellom R_1 og R_2 settes lik «minste lengde av overhøydeoppbygging» ($L_{0,min}$), dvs. til 60,5 meter.

2. Utforming av kjørefelt for venstresving fra motorvegen

Startpunkt og lengde for utvidelsen av venstresvingefelt

Det virker rimelig at utvidelsen til to felt begynner i flukt med endepunktet til L_0 og startpunktet til R_2 langs rampen, som vist i Figur 7.1.6. Det foreligger ikke spesifiserte krav i håndbøkene til påkrevd avstand for utvidelse av rampen fra ett til to kjørefelt, hver på 3,5 meter. Avstanden settes dermed skjønnsmessig til 30 meter. Dette er en lengde i samme størrelsesorden som overgangslengdene som brukes ved utvidelse av høyre- og venstresvingefelt i kanaliserte T-kryss. Etter utvidelsen fortsetter feltene for venstre- og høyresving separat.



Figur 7.1.7: Overgangslengde for divergens av avkjøringsrampe

Valg av reguleringsform for venstresving fra motorveg

Aktuell reguleringsform ved påkobling av venstresvingefeltet kan diskuteres. Her kan det benyttes vikeplikt (stoppskilt), signalregulering eller fletting.

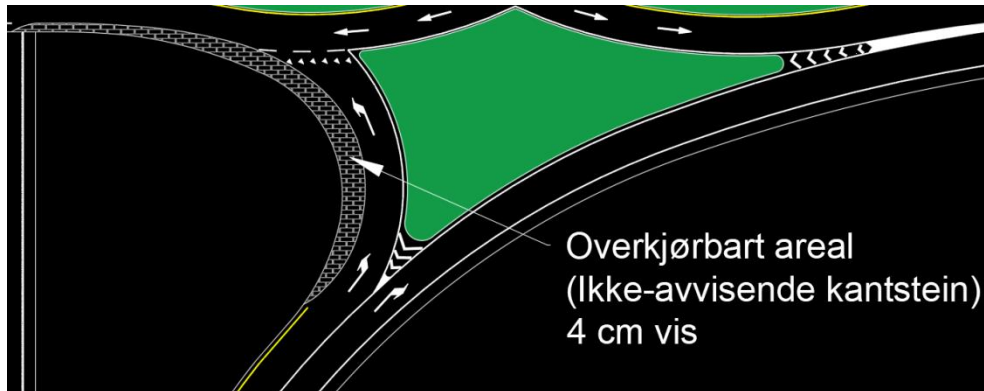
- Fletting anses som lite aktuelt, grunnet behov for flettefelt på broen. Det er imidlertid mulig å føre rampen lenger mot høyre før høyre- og venstresvingefeltet skiller lag, slik at fletting med sideveg kan fullføres før broen begynner.
- Signalregulering er en mulighet som benyttes på tilsvarende vegkryss i andre land. Bruk av signalregulering kan imidlertid oppleves som litt «unødvendig», ettersom tilfarten kan tenkes avviklet samtidig som kjøretøy i hovedkrysset har rødt lys. Signalregulering kan riktignok ha noe for seg i DDI-kryss der venstresvingen kobles på rampen i bratt bakke eller krapp sving, slik at sikt hindrer forsvarlig bruk av vikeplikt. Løsningen er mindre plasskrevende enn bruk av flettefelt.
- Dersom vikepliktsregulering benyttes, kan venstresvingende kjøretøy avvikles uhindret når sidevegtrafikken har rødt lys i hovedkrysset, samt ved ledig luke.

Vikeplikt velges som aktuell reguleringsform.

Utforming av kurvatur for venstresvingefelt

Venstresvingefeltets bredde og kurvatur utformes etter sporing for modulvogntog, som er dimensjonerende kjøretøy. Kjørebanelen blir meget bred for å etablere nødvendig manøvreringsareal. Det anbefales derfor at det anrettes overkjørbart areal innersvingen, slik at personbiler ikke legger seg to i bredden. I den foreslåtte utformingen benyttes overkjørbart areal

etablert etter kravene i «NA-rundskriv 2015/14». Selve kjørefeltet, ikke medregnet det overkjørbare arealet, beholder bredde rundt 4,5 meter i størsteparten kurven. Det kan anses som noe spesielt å bruke kantstein for å anlegge overkjørbare arealer i tilknytning til et to-planskryss. Dette diskuteres senere. Venstresvingefeltet er illustrert i Figur 7.1.8.



Figur 7.1.8: Prinsippskisse av venstresvingefelt fra motorveg

3. Utforming av kjørefelt for høyresving fra motorvegen

Drøfting av reguleringsform

Aktuell reguleringsform ved påkoblingen av høyresvingefelt og sideveg kan diskuteres. Her anses fletting eller vikeplikt som de mest fornuftige løsningene. Diskusjonen foreligger i Tabell 7.1.1 og 7.1.2.

Tabell 7.1.1: Vurdering av «fletting» for høyresvingefelt

Fordeler med fletting som reguleringsform
<ul style="list-style-type: none"> • Mindre sjanse for tilbakeblokkering av avkjøringsrampe (og motorveg). Kjøretøyene «garanteres» avvikling i samme rate som gjennomkjøringstrafikk på sidevegen • Bedre flyt. Mindre forsinkelse for høyresvingende kjøretøy • Fletting anses som trygt på grunn av gode siktforhold • Større grad av samhandling mellom trafikanter (oppfordrer til samarbeid)
Ulemper med fletting som reguleringsform
<ul style="list-style-type: none"> • Større arealbruk • Noe høyere fartsnivå ved konvergensen • Noe større fare for kødannelse i kømagasinet i tilknytning til hovedkryssene (på broen)

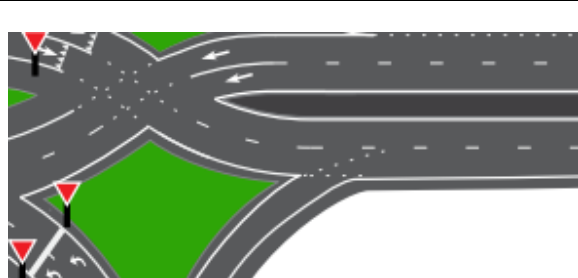
Tabell 7.1.2: Vurdering av «vikeplikt» for høyresvingefelt

Fordeler med vikeplikt som reguleringsform:
<ul style="list-style-type: none">• Sideveg tildeles større prioritet• Redusert fare for kødannelse i kømagasin for broen• Mindre behov for slak linjeføring og dermed mindre arealbruk
Ulemper med vikeplikt som reguleringsform
<ul style="list-style-type: none">• Prioriteten til høyresvingende kjøretøy «ofres» for prioritet på sidevegen• Større mulighet for tilbakeblokkering av rampen• Oppfordrer ikke til samarbeid

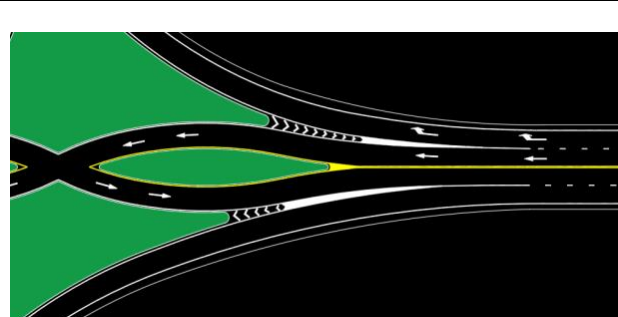
Kjøretøy på sidevegen vil avvikles mer effektivt dersom påkoblingsrampene fra motorvegen er vikepliktsregulerte. Det kan imidlertid argumenteres for at den samlede trafiksikkerheten veier tyngre enn sidevegtrafikkens avvikling. I perioder med stor avsvingende trafikkmenge fra motorvegen kan rampen tilbakeblokkeres. Det foreslås derfor at minst én tilfart utføres med fletting. Å føre flettefelt inn på broen, kan kreve store ombygginger. Fletting lar seg enklest gjøre for høyresving.

Prinsipp for utforming av flettefelt

Den utarbeidede kryssutformingen leder «bort» høyresvingende motorvegtrafikk fra hovedkrysset, slik at disse ikke misoppfatter trafikkbildet på broen eller vanskeliggjør sidevegtrafikkens gjennomkjøring i hovedkrysset. I flere eksisterende DDI-kryss, kobles høyresvingefeltet sammen med sidevegen svært nær hovedkrysset, som vist i Figur 7.1.9. Dette forandres i den foreslåtte utformingen, som vist i Figur 7.1.10. Dette fører til at kryssende trafikk gjør seg ferdig med den uvanlige krysningen før fletting må skje.

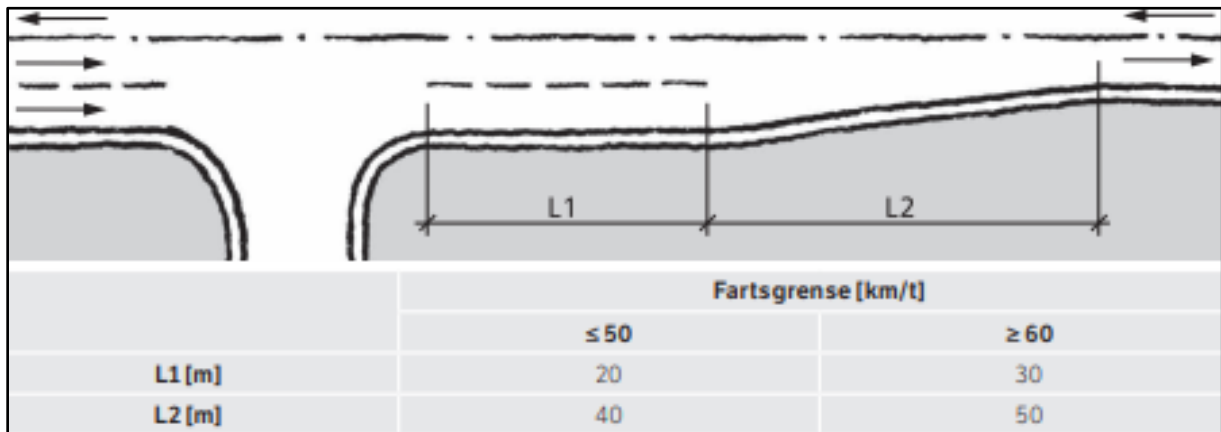


Figur 7.1.9: Typisk påkobling av rampe
(Pedersen og Nissen, 2016, s. 37)

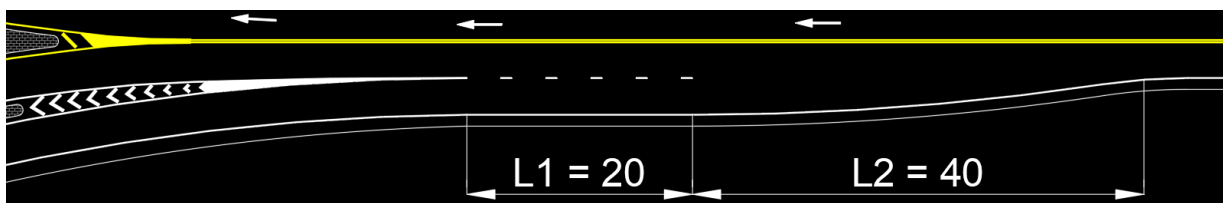


Figur 7.1.10: Foreslått påkobling av rampe

Flettefeltet utformes etter prinsippet for reduksjon av antall kjørefelt etter kryss, i Figur 7.1.11. Fartsgrensen på 50 km/t i kryssområdet brukes for å etablere nødvendige lengder. L1 settes dermed til 20 meter, og overgangen, L2, settes til 40 meter. Linjeføring vises i Figur 7.1.12.



Figur 7.1.11: Lengdene L1 og L2 ved flettestreking (V121, s. 43)



Figur 7.1.12: Utforming av flettestreking (mål i meter)

4. Utforming av påkjøringsramper til motorvegen

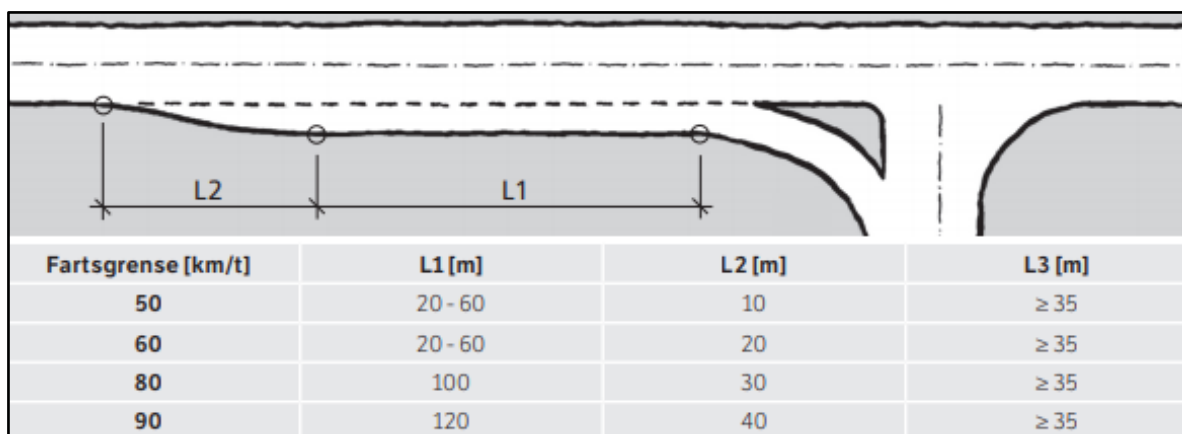
Det settes følgende krav til venstresvingefeltet og høyresvingefeltet for avsving fra sideveg:

- Sammenføring av motgående avsvingefelt reguleres med gjensidig fletting, istedenfor at én trafikkstrøm skal vike. Det anses som hensiktsmessig å fordele prioritet jevnt.
- Trafikkstrømmene bør flettes sammen *før* akselerasjonsstrekningen begynner. Slik kan flettingen kan skje på en trygg måte, med lavere fartsnivå.
- Fletteområdet skal ikke ligge i en krapp kurve.

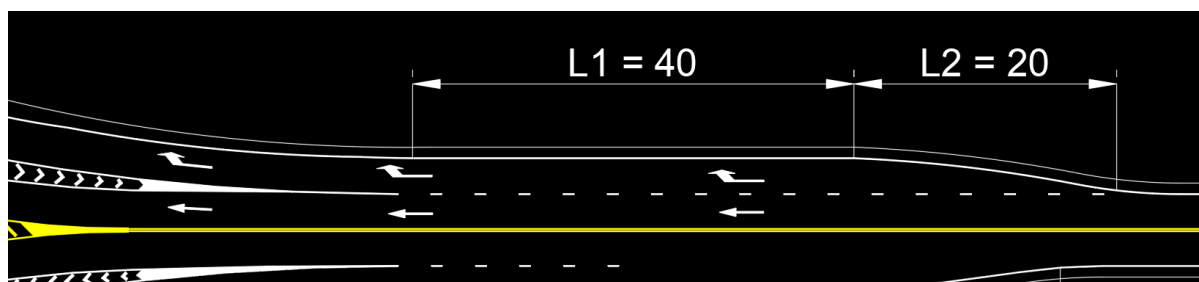
Høyresvingefelt mot motorveg

Høyresvingefeltet kan utformes etter krav for høyresvingefelt for T-kryss med trekantøy, gjengitt i Figur 7.1.13. Fartsgrensen i kryssområdet er 50 km/t, slik at høyresvingefeltet kan

an-rettes med overgangslengde, L2, lik 10 meter, og rettstrekk, L1, mellom 20 – 60 meter. Farts-grensen tenkes redusert fra 60 km/t til 50 km/t i forkant av høyresvingefeltet, slik at L2 settes til 20 meter for å ta høyde for at enkelte trafikanter kan entre feltet med større hastighet enn de som skal kjøre gjennom hovedkrysset. For å sikre manøvrerbarhet for modulvogntog, settes L1 til 40 meter. Utforming av høyresvingefeltet vises i Figur 7.1.14.



Figur 7.1.13: Lengder for parallelført høyresvingefelt med trekantøy (mål i m) (V121, s. 36)



Figur 7.1.14: Utforming av høyresvingefelt for avsving på motorveg

Det er ønskelig at flettingen i etterkant av høyresvingen skal foregå i en fart på rundt 50-60 km/t. Radiusen i den påfølgende rampen bestemmes etter Tabell 7.1.3, fra Statens vegvesens regneark for utforming av akselerasjonsfelt. Interpolering av fart mellom 50 og 60 km/t, medfører at kurveradius for høyrekurven settes til ca. 85 meter.

Tabell 7.1.3: Sammenheng mellom og hastighet radius på rampe (V121, s. 77)

Rrampe [m]	50	60	70	80	90	100	125	150	175	200	225	250
Vrampe [km/t]	46	49	52	55	58	60	65	70	73	75	76	80

Utformingen av rampen for høyresving fra sideveg styres av følgende forhold:

- Radius på venstresvingefeltet. Feltene flettes sammen, og må konvergere etter kurven.
- Kjørefeltbredde er bestemt av sporingskurver for MVT, og er satt til 4,0 meter. Ved flettestrækningen innsnevres kjørefeltbredden til 3,25 meter (H1-veg). Her kan det vurderes om det heller bør anrettes kjørefeltbredde på 3,5 meter, som er standard for ramper i V121.
- Høyresvingefeltet bør divergere mot høyre en stund før hovedkrysset. Dette sprer konfliktpunktene langs sidevegen og øker størrelsen på kømagasinet på sidevegen. Dette skaper noe større arealbruk, men kan forsvares fra et avviklingsperspektiv.

Venstresvingefelt mot motorveg

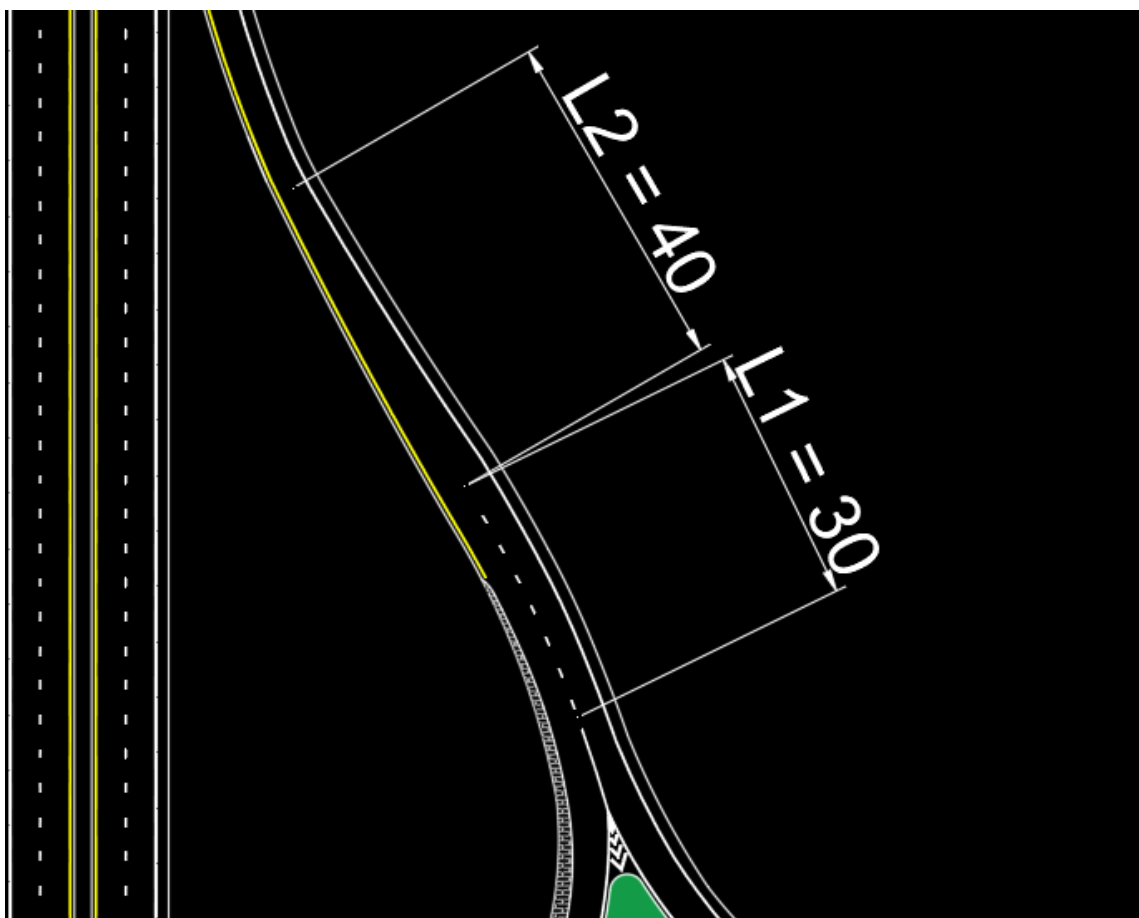
Venstresvingefeltet må, grunnet geometriske forhold, gjøres krappere enn høyresvingefeltet. Av den grunn blir gjennomkjøring for modulvogntog dimensjonerende for både bredder og radius. Kurvens radius settes til ca. 50 meter. Kjørefeltbredden anrettes som funksjon av sporing, og er dermed variabel over kurven. Det foreslås å anlegge et ca. 2 meter bredt overkjørbart areal i innersving. Slik blir asfaltert kjørefeltbredde ca. 4 meter gjennom hele kurven. Den foreslåtte utformingen benytter overkjørbare arealer i henhold til «NA-rundskriv 2015/14».

Ettersom venstresvingefeltet har krappere radius enn høyresvingefeltet, vil sannsynligvis kjøretøyfarten gjennom kurven ligge noe lavere her. Tabell 7.1.3 hinter til at farten som funksjon av radius på 50 meter, kan ligge rundt 45 – 50 km/t, som er 5 – 10 km/t lavere enn forventet fart i høyresvingefeltet. Det virker derfor fornuftig å etablere flettestrækningen med inn-snevringen langs høyresvingefeltet, slik at høyresvingende kjøretøy i større grad vil måtte tilpasse sin fart og foreta selve flettingen.

Utforming av flettefelt mot motorveg

Lengden på flettefeltet utformes med utgangspunkt i prinsippene for reduksjon av antall kjørefelt ved kryss (V121, s. 43). Det antas at fartsnivået i flettefeltet ligger litt i overkant av 50 km/t. Lengder for L1 (rettstrekk) og L2 (innsnevring) bestemmes gjennom Figur 7.1.11.

For fart på 50 km/t anbefales L1 til 20 meter og L2 til 40 meter. Norske trafikanter er i utgangspunktet ikke vant med fletteprosesser i forkant av akselerasjonsramper, som den aktuelle situasjonen krever. Det anses derfor som fornuftig å øke L1 med ytterligere 10 meter, slik at kjøretøyene i de ulike kjørefeltene får kjennskap til hverandres fart og posisjon. L1 settes derfor til 30 meter. L2 beholdes som foreslått, lik 40 meter. Det kan vurderes om det bør anrettes enda lengre flettestrekninger, men det aktuelle forslaget anses som tilfredsstillende. Avsvingende kjøretøy fra sidevegen kjører i praksis «mot hverandre» langs trekantøya før feltene konvergerer, og har dermed god tid til fartstilpasning. Utformingen av fletteområdet er vist i Figur 7.1.15.

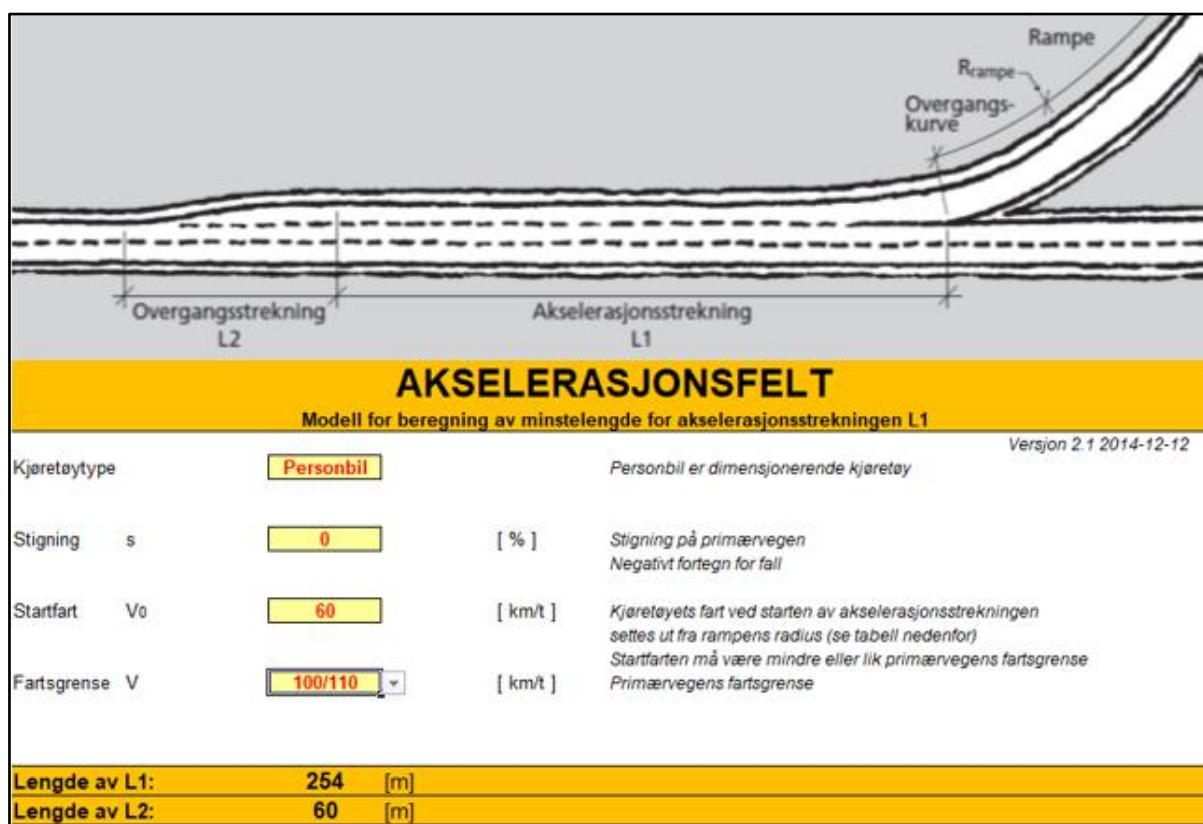


Figur 7.1.15: Utforming av fletteområde for påkjøring til motorveg

5. Utforming av akselerasjonsfelt og nedre del av påkjøringsrampe

Påkrevd lengde av akselerasjonsfeltet

Nedstrøms fletteområdet, føres trafikken sammen i et akselerasjonsfelt parallelt med motorvegen. Påkrevde lengder for akselerasjonsfeltet beregnes gjennom Statens vegvesens regnemodell. L1 er akselerasjonsstrekningen, mens L2 er overgangen. Regnemodellen benyttes med inngangsparametere som vist i Figur 7.1.16. Etter fullført fletting er det naturlig at trafikanter akselererer noe, slik at farten økes til et sted mellom 50 - 60 km/t over overgangskurven. Det benyttes derfor en startfart lik 60 km/t.



Figur 7.1.16: L1 og L2 for akselerasjonsfelt i planskilte kryss (V121, s. 77)

Påkrevd lengde av akselerasjonsfeltet blir dermed ca. 255 meter, før L2 lik 60 meter begynner. Her utføres fletting med motorvegtrafikk. Utformingen er således identisk med vanlige planskilte kryss.

6. Utforming av hovedkryss

Følgende krav settes til hovedkrysset:

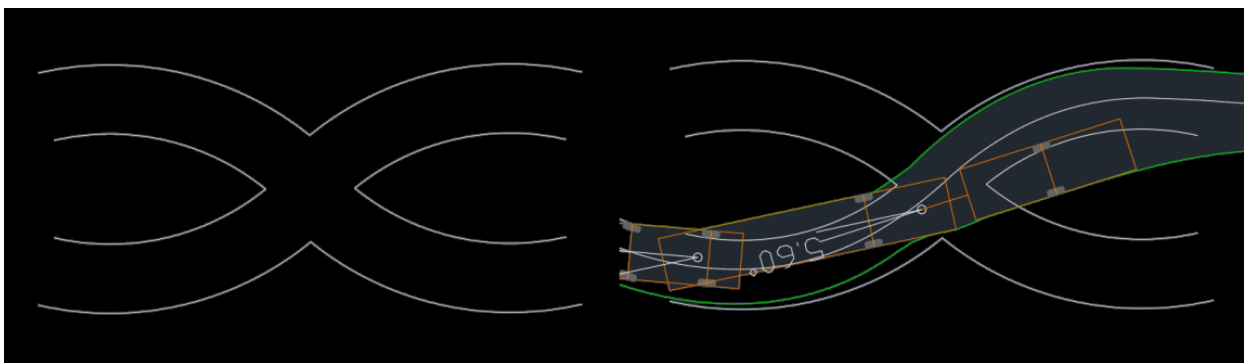
- Modulvogntog skal sikres gjennomkjørbarhet etter kjøremåte A
- Krysningsvinkelen bør være slik at det vanskelig kan kjøres inn i motgående retning
- Trafikkøyene bør gjøres minst mulig arealkrevende

I litteratur fra utlandet ble det funnet at ulike DDI-løsninger benytter forskjellige kombinasjoner av store og små trafikkøyer for å oppnå hensiktsmessig krysningsvinkel. Ulike kombinasjoner av trafikkøyer kan ha å gjøre med sidevegens geometri og vinkling inn mot broen, og det virker som om stedlige forhold er bestemmende for prinsippet som velges. I den foreslåtte, idealiserte løsningen, benyttes to ulike metoder i forsøk for å etablere geometrien:

1. Trafikkøyer først – sporing etterpå
2. Sporing først – trafikkøyer etterpå

Metodikk 1: Trafikkøyer først – sporing etterpå

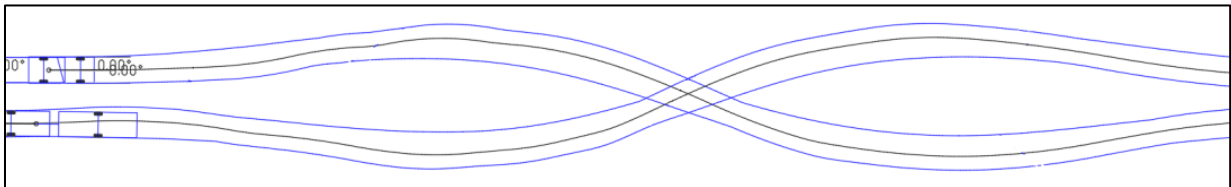
For å etablere hovedkrysset ble det først benyttet en «*prøve-og-feile-prosess*». Som utgangspunkt for arbeidet, ble det tegnet opp «teoretiske» geometri med vilkårlige dimensjoner og utforming. Gjennomkjørbarhet for modulvogntog ble deretter kontrollert med sporing. Et typisk resultat fra er vist i Figur 7.1.17. Metodikken viste seg å være utfordrende.



Figur 7.1.17: Hovedkryss i DDI utformet etter Metodikk 1

Metodikk 2: Sporing først – trafikkøyer etterpå

Metodikken ble senere endret til å ta utgangspunkt i sporingsskurvene, og deretter bygge krysset rundt disse. Dette viste seg å fungere langt bedre. Sporingsskurver som ble brukt som mal for utforming av trafikkøylene, er illustrert i Figur 7.1.18. Trafikkøylene ble anrettet med tilnærmet samme størrelse.



Figur 7.1.18: Sporingsskurver for Metodikk 2

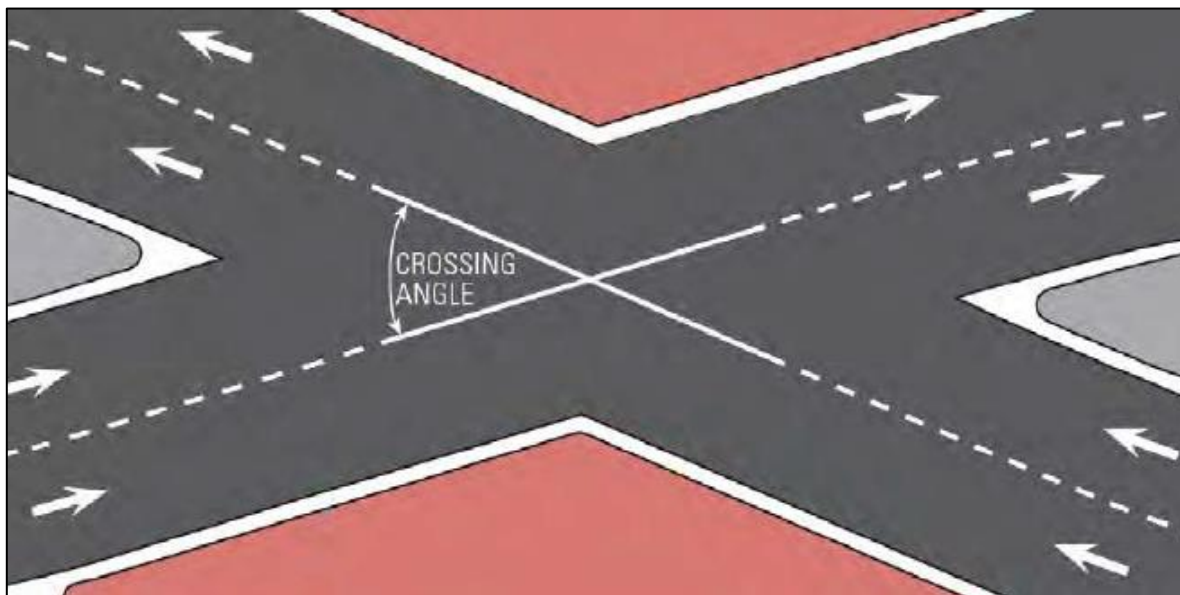
Med bakgrunn i sporingene, sikres gjennomkjørbarhet for MVT ved bruk av kjørefeltbredder på ca. 4,3 meter gjennom krysset. Langs alle trafikkøylene, foreslås det at vegskuldre anrettes med bredde 0,25 meter. Valget av skulderbredde kan sies å være en avveining mellom å maksimere manøvrerbarhet, samtidig som at mulighet for feilkjøring minimeres. Jo smalere kjørefelt, desto lavere en sannsynlighet for at det forekommer kjøring i feil retning i hovedkryssene. Kjørefeltene er utformet så smale som mulig, uten at modul-vogntog hindres.

Hovedkrysset karakteriseres av krappe kurver. For eksempel utføres yttersvingen i hovedkryssene med radius på 75 meter. Til sammenligning er minimum radius for H1-veg 125 meter. Dette er en sentral årsak til at fartsgrensen anbefales redusert til 50 km/t i krysset.

Diskusjon av krysningsvinkel

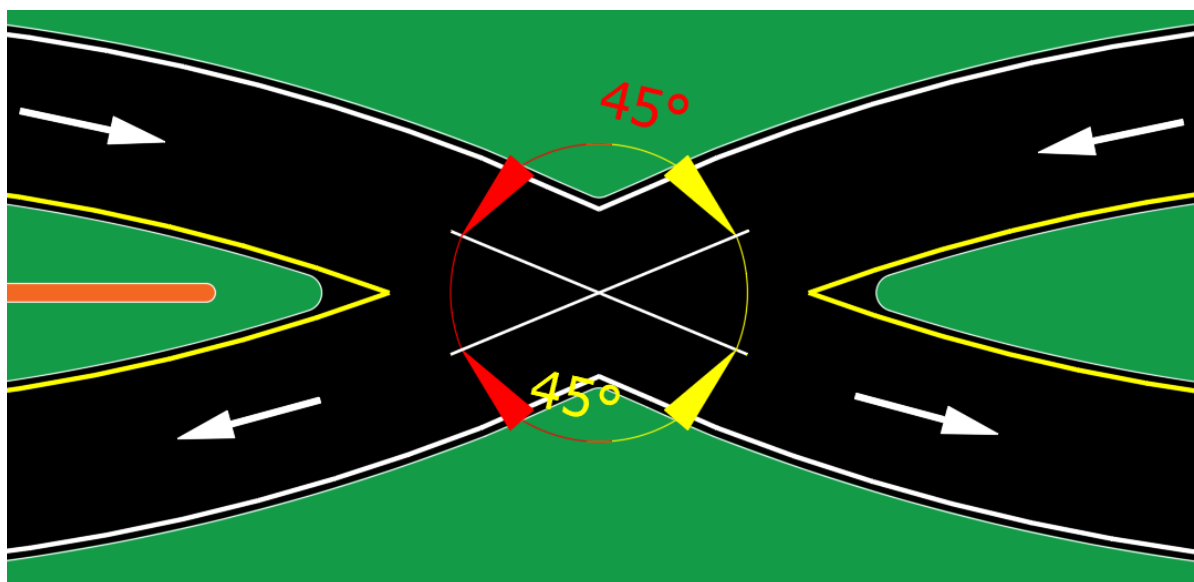
(Hughes et al., 2010, s. 227) anbefaler at minste krysningsvinkel i DDI-kryss bør være 40 grader. En senere erfaringsrapport fra 2014, gjengir ytterligere erfaringer, og viser til at krysningsvinkler lik 45 grader eller større medfører god trafiksikkerhet (Schroeder et al., 2014, s. 116). Det påpekes videre en sammenheng mellom små krysningsvinkler og sannsynligheten for utilsiktet svingebevegelse. Krysningsvinkelen defineres i henhold til Figur 7.1.19, som vinkelen mellom kjørebane i hovedkryssets senterpunkt. Iterasjoner med sporingsskurver ble utført fram til det framkom en geometri med krysningsvinkel på minst 45 grader.

Det poengteres ytterligere at den midtre delen i vendekurven i krysningen bør være *rettlinjet*, slik at ikke trafikanter finner det naturlig å bytte kjørefelt ved kjøring gjennom krysset. Dette er derimot ikke like relevant for den aktuelle utformingen, ettersom det kun anlegges ett kjørefelt i hver retning.



Figur 7.1.19: Definisjon av krysningsvinkelen i hovedkrysset (Missouri DOT, 2010, s. 6)

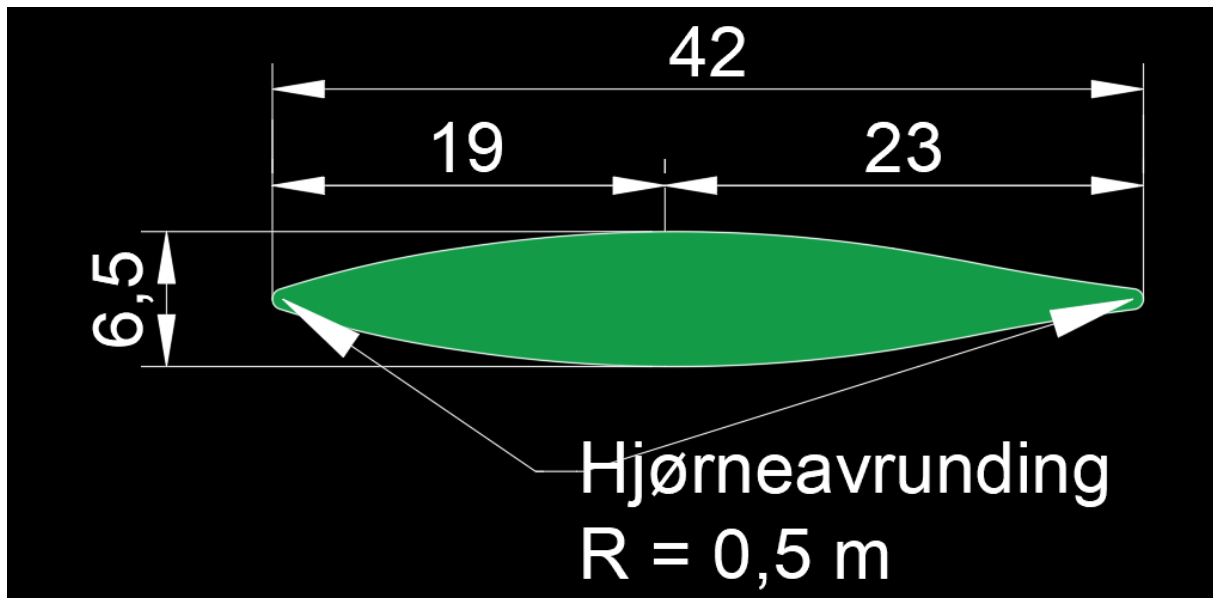
Foreslått geometri i hovedkrysset er vist i Figur 7.1.20. Denne tilfredsstillende en krysningsvinkel på 45 grader. Delkapittel 7.6 drøfter krysningsvinkelen videre.



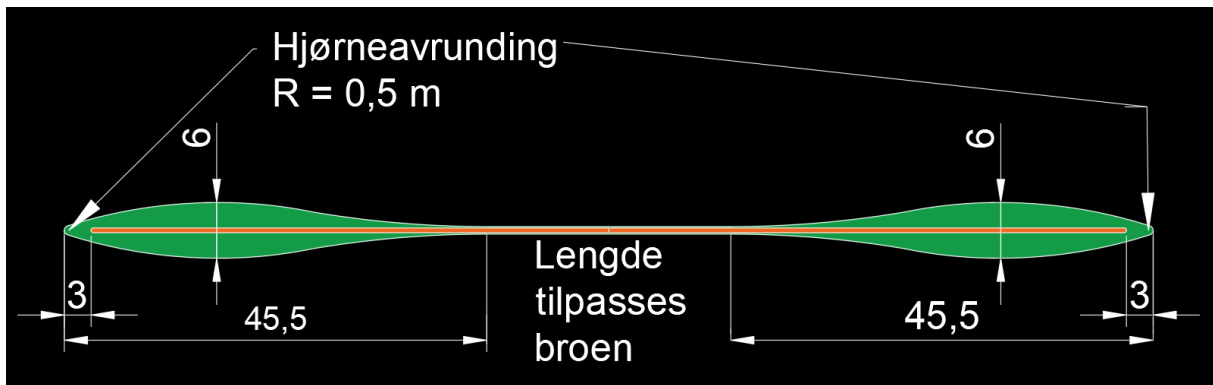
Figur 7.1.20: Foreslått krysningsvinkel

7. Utforming av trafikøyer

Alle hjørner i hovedkrysset anrettes med hjørneavrunding med $R = 0,5$ m. I hovedkrysset er det særlig viktig med minst mulig avrunding, for å trekke mest mulig rette sikt- og ledelinjer gjennom krysset. Utformingen av sideøya er vist i Figur 7.1.21, mens utforming av deleøya er vist i Figur 7.1.22.



Figur 7.1.21: Utforming av sideøy

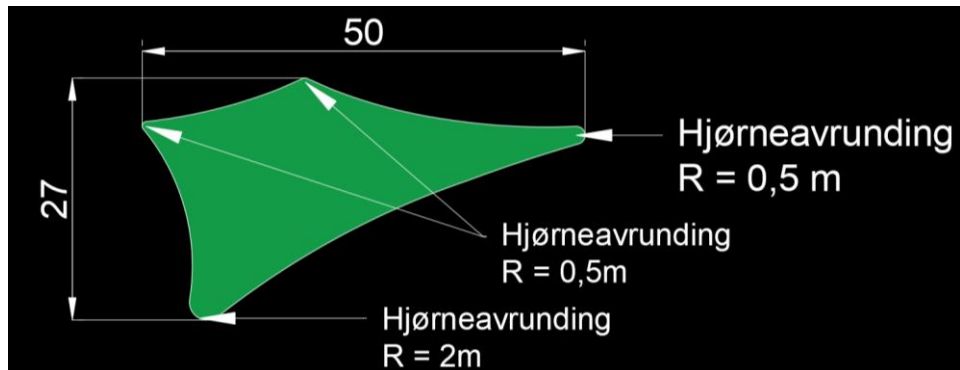


Figur 7.1.22: Utforming av deleøy

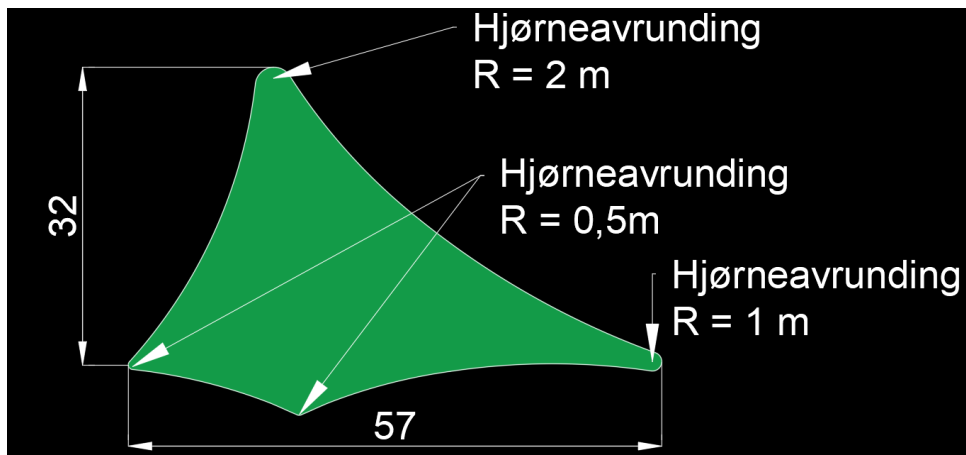
Krysset trenger ytterligere to trafikøyer på hver side av broen:

1. Trafikkøy som skiller avkjøringsramper fra motorvegen (divergerende trekantøy)
2. Trafikkøy som fører sammen påkjøringsramper fra sideveg (konvergerende trekantøy)

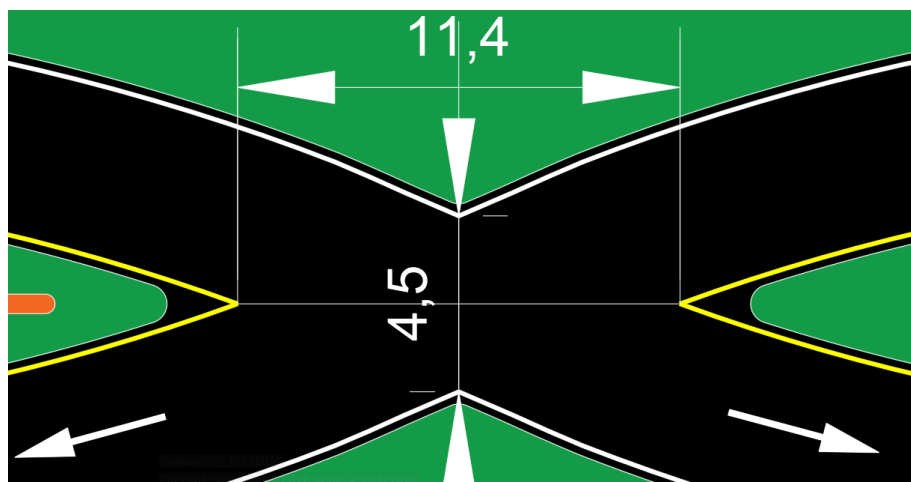
Disse trafikkøyene utformes som resultat av kjørefeltenes og hovedkryssets geometri, og må utformes etter stedlige forhold. Prinsippskisser av øyene viser i Figur 7.1.23 og 7.1.24. Avstanden mellom de aktuelle øyene i hovedkrysset, framkommer i Figur 7.1.25.



Figur 7.1.23: Dimensjoner på divergerende trekantøy



Figur 7.1.24: Dimensjoner på konvergerende trekantøy



Figur 7.1.25: Avstand mellom trafikkøyer i hovedkryss

8. Forhold knyttet til signalregulering av hovedkryss

Det er hovedsakelig tiltenkt å regulere hovedkryssene i DDI med tofasert signalregulering. Håndbok N100, V121, N302 og N303 stiller sammen helhetlige krav som må betraktes:

1. «I signalregulerte kryss føres gjennomgående kjørefelt gjennom krysset med samme bredde som tilstøtende veg eller gate. Dersom det er kantstein på begge sider av et kjørefelt, anbefales bredden mellom kantsteinene å være minst 4 m» (V121, s. 41)
2. «Ei øy med trafikklys bør ha en bredde på minst 1,5 m» (V121, s. 42)

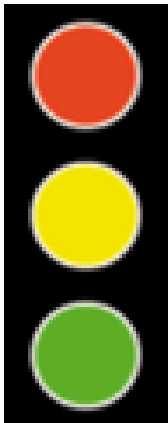
Punkter 1 og 2 er tilfredsstilt gjennom den foreslåtte geometrien i hovedkrysset. Kjørefeltene gjennom krysset har bredde 4,3 meter, og det anrettes vegskuldre på 0,25 meter. Samtidig har trafikkøylene hvor trafikklys anrettes, bredde på over 1,5 meter, slik at punkt 2 er tilfredsstilt.

Bør hovedkrysset signalreguleres?

Det er gjennom litteraturstudiet *ikke* funnet DDI-kryss der hovedkrysset reguleres på annen måte enn ved trafikklys. En mulighet er riktignok å regulere krysset med vikeplikt. Det utføres enkelte betraktninger knyttet til signalregulering av hovedkryssene.

Hvilken type trafikklys bør brukes?

N303 inneholder særlig to typer trafikklys som kan være relevante for DDI-krysset. Disse er gjengitt i Figur 7.1.26. (N300, s.19 – 20).

Hovedsignal	Pilsignal
	

Figur 7.1.26: Signaltyper som kan brukes i hovedkryss

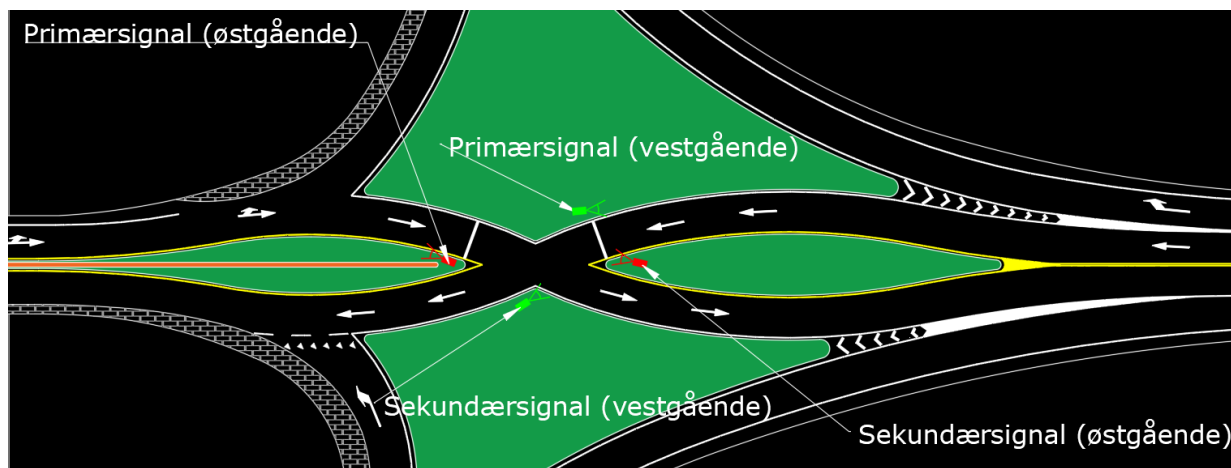
Grunnet visuell ledning virker det mer hensiktsmessig å benytte pilsignal enn hovedsignal. Denne signaltypen er for øvrig også benyttet ved DDI-krysset i Odense. Det kan argumenteres for at bruk av pilsignaler gir bedre visuell ledning og forståelse av krysset, og understreker at påbudt retning er «rett fram». I Norge benyttes imidlertid pilsignal nærmest utelukkende ved separate svingebevegelser, men kravene i kapittel 4.3.2 i N303 tilsier at det skal være mulig å benytte pilsignal også i dette tilfellet.

Hvor skal signalene og stopplinjen stå, og hvor mange signaler trengs?

Vurderingen av antall signaler og deres plassering i hovedkrysset, avgjøres i henhold til følgende krav i N303:

- «*Avstand fra kjørebanelinjen: Signaler som monteres ved siden av kjørebanelinjen, bør ha en avstand på minst 0,5 meter fra nærmeste kjørebanelinje. Avstanden bør ikke overstige 2,8 meter.*» (N303, s. 30)
- «*Primærsignalet for en tilfart skal stå på høyre side av denne*» (N303, s. 23)
- «*Primærsignalet kan suppleres med et ekstra primærsignal på venstre side av tilfarten.*» (N303, s. 24)
- «*Sekundærsignalet skal plasseres slik at det uten vanskelighet kan observeres av en kjørende som har stanset ved stopplinjen. Sekundærsignalet kan plasseres etter krysset, og på venstre side av kjørebanelinjen eller på delende trafikkøye dersom slik finnes og har tilstrekkelig størrelse. Et supplerende sekundærsignal kan opp settes etter krysset på høyre side av kjørebanelinjen dersom spesielle forhold gjør det ønskelig eller nødvendig.*» (N303, s. 26)
- «*Normalt plasseres primærsignalet i stopplinjens forlengelse. Dersom dette ikke er ønskelig på grunn av stedlige forhold, plasseres primærsignalet nedstrøms for stopplinjen.*» (N303, s. 23)

Krysset som reguleres består av to tilfarter med kun ett kjørefelt i hver retning. Det anses derfor som tilstrekkelig å anrette ett primærsignal, på høyre side av tilfartene. Sekundær-signaler anrettes etter krysset, på venstre hånd. Plasseringen er avhengig av hvilken tilfart som betraktes, og er vist i Figur 7.1.27. Slik plassering av signalene virker hensiktsmessig, ettersom plasseringen vil lede blikket til trafikantene mot riktig kjøreretning.



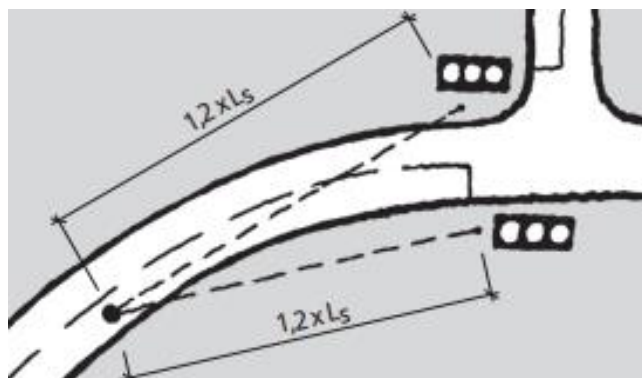
Figur 7.1.27: Forslag til plassering av signalstolper i hovedkryss

Det foreligger ikke konkrete krav til plassering av stopplinja, verken i N302 eller N303. Det eneste delvis relevante kravet framkommer i N302: «Avstanden fra stopplinja fram til gangfelt skal være minst 2,0 m. I særlig skjevinklede kryss kan stopplinja legges vinkelrett på tilfarten» (N302, s. 57).

Stopplinjene legges vinkelrett på tilfartene, og besluttes trukket inn 2 meter fra krysningen, langs den gule sperrelinja i innersving. Primærsignalet plasseres i flukt med stopplinja.

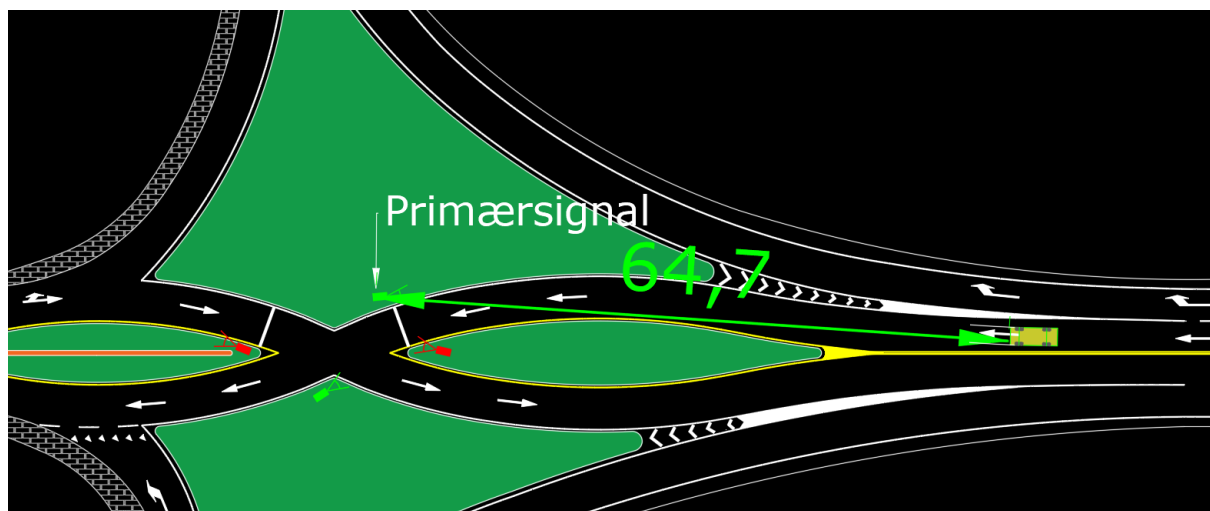
Siktbetraktning for hovedkrysset

V121 stiller krav til sikt for signalregulerte tilfarter. Det framkommer at det skal være minst «ett trafikklys synlig for trafikk inn mot krysset over en lengde som minst tilsvarer 1,2 ganger stoppsikt» (V121, s. 40). Dette er illustrert i Figur 7.1.28. Det gjennomføres derfor en enkel siktkontroll for å sjekke sikten til primærsignalet i hovedkrysset. Beregningen er å finne i Vedlegg H.

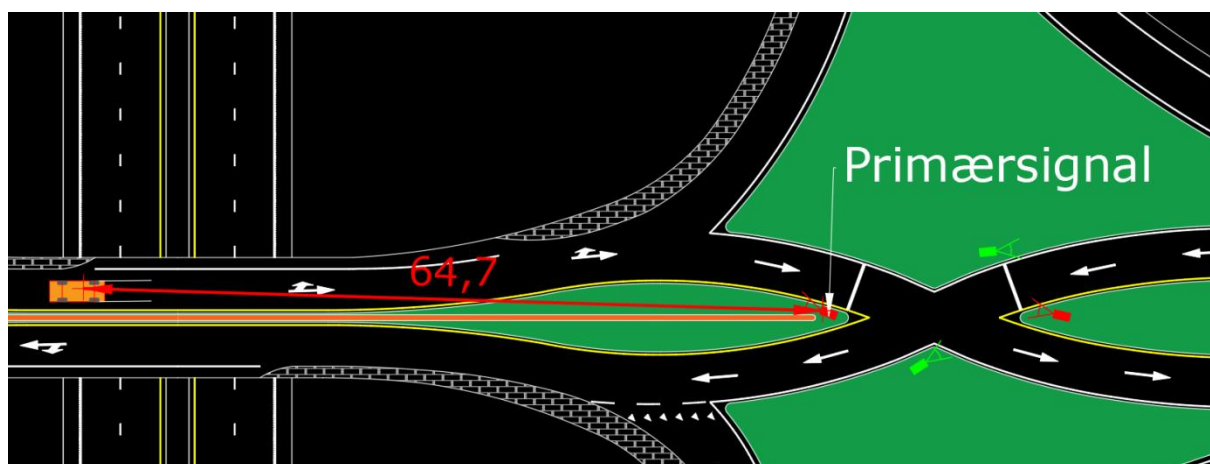


Figur 7.1.28: Krav til sikt fra bil til primærlys (V121, s. 40)

Beregningen viser at sikt skal tilfredsstilles over en lengde ca. 65 meter for begge tilfarer. Dette er illustrert i Figurer 7.1.29 og 7.1.30. Figurene viser at det ikke foreligger sikt-hindringer til primærsignalene. Siktkravet anses dermed som tilfredsstillt. Det bør riktignok ikke anrettes for mange installasjoner på trafikkøyene, ettersom dette kan forringe sikten.



Figur 7.1.29: Siktkontroll vestgående primærsignal



Figur 7.1.30: Siktkontroll østgående primærsignal

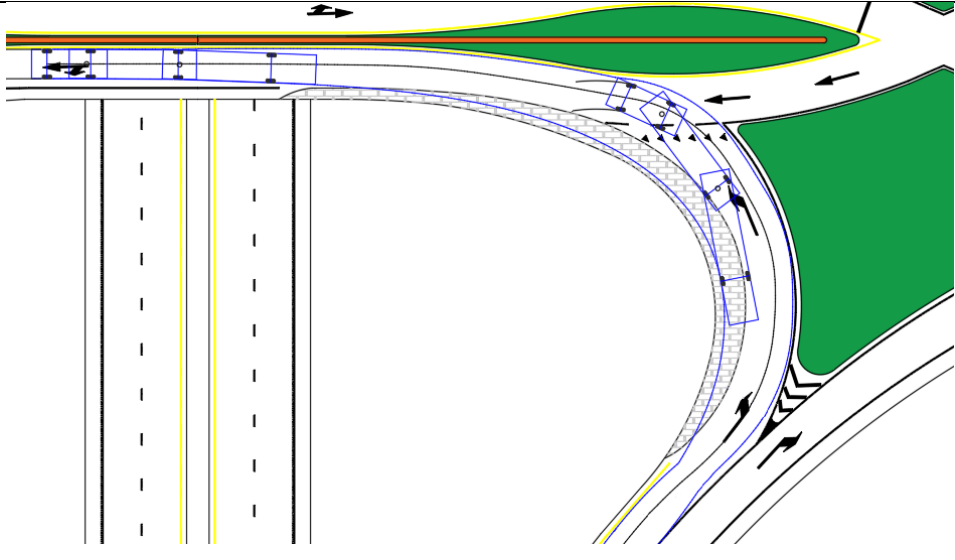
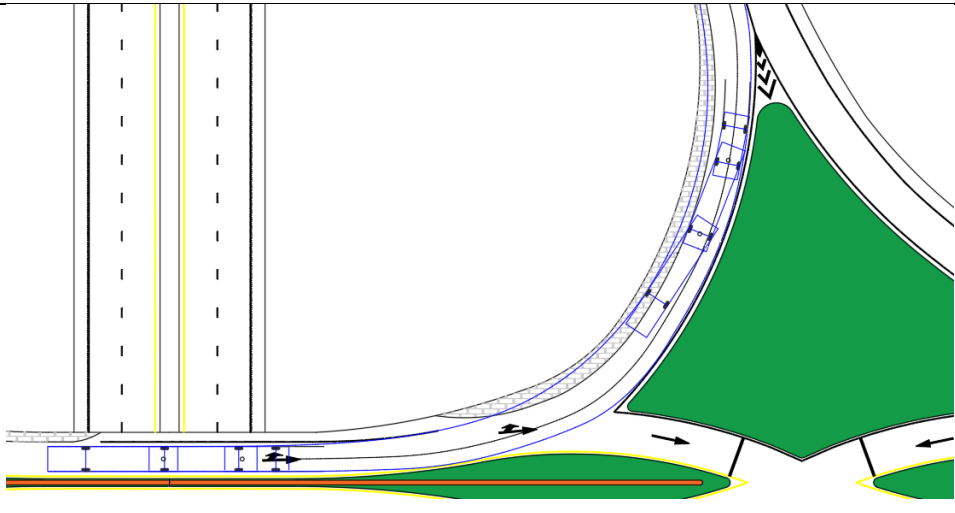
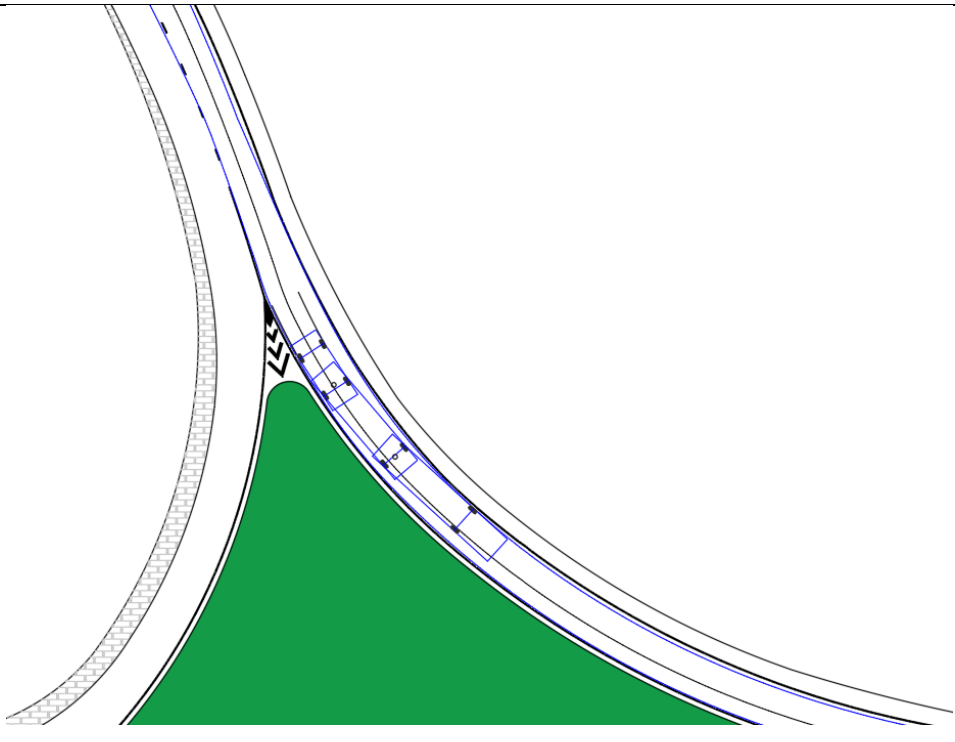
Ved tilfeller der signalanlegget er skrudd av eller ute av drift, vil vikeplikt være gjeldende reguleringsform. Av sikkerhetsmessige årsaker plasseres vikepliktskilt på signaltoppen. Siktbetraktninger ved vikepliktsregulering omtales i delkapittel 7.6.

9. Spøringskurver for dimensjonerende kjøretøy

Utforming av DDI gjøres med sporing av modulvogntog, for å sikre kjøremåte A. Spøringskurver for MVT3 er vist i Tabell 7.1.4. Sporing for MVT1 og MVT2 er å finne i Vedlegg I. Kun østre side er vist. Vestre side er symmetrisk.

Tabell 7.1.4: Spøringskurver for modulvogntog MVT3 for østre side

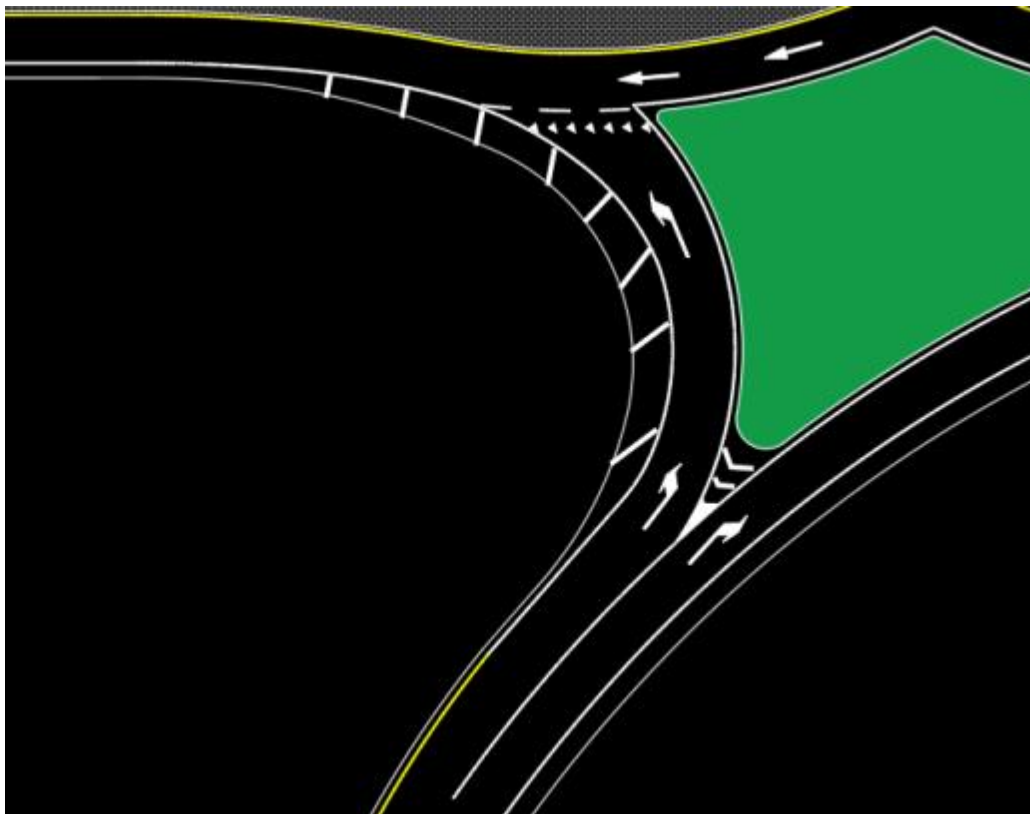
Bevegelse og kommentar	Figur
<p>Bevegelse: Østgående gjennomkjøring</p> <p>Kommentar: Problemfritt. Kjøremåte A er sikret</p>	
<p>Bevegelse: Vestgående gjennomkjøring</p> <p>Kommentar: Problemfritt. Kjøremåte A er sikret.</p>	
<p>Bevegelse: Høyresving fra motorveg</p> <p>Kommentar: Uproblematisk. Kjøremåte A er sikret.</p>	

<p>Bevegelse: Venstresving fra motorveg</p> <p>Kommentar: Kjøremåte A er sikret. MVT benytter overkjørbart areal i innersving.</p>	
<p>Bevegelse: Venstresving fra sideveg</p> <p>Kommentar: Problemfritt. MVT benytter overkjørbart areal i innersving.</p>	
<p>Bevegelse: Høyresving fra sideveg</p> <p>Kommentar: Geometri utarbeidet etter sporingskurvene</p> <p>Kjøremåte A er sikret.</p>	

10. Alternativ utforming av overkjørbare arealer for venstresvingeramper

Den foreslåtte utformingen av DDI benytter kantstein i overkjørbare arealer i venstresvingefeltene. Dette er i henhold til kravet i NA-rundskriv 2015/14, hvor det fastslås at «*overkjørbart areal skal utformes med ikke-avvisende kantstein med 4 cm vis. Helning på det overkjørbare arealet skal være 3-4 %.*» Dette er vanlig i rundkjøringer, hvor gjennomkjørbarhet for tunge kjøretøy sikres ved at noe av sentraløya anlegges overkjørbart.

I DDI gir breddeutvidelse for modulvogntog brede kjørefelt, og det bør vurderes hvorvidt dette kan medføre at bilister kan legge seg to i bredden, slik at trafikkfare oppstår. Det virker lite hensiktsmessig å bruke kantstein i venstresvingefeltene, selv om kravet tilsier dette. Det bør vurderes om overkjørbare arealer i slike ramper kan oppmerkes med «modifisert» sperreområde som tillater overkjøring ved behov, vist i Figur 7.1.31.



Figur 7.1.31: Alternativ oppmerking av overkjørbart areal

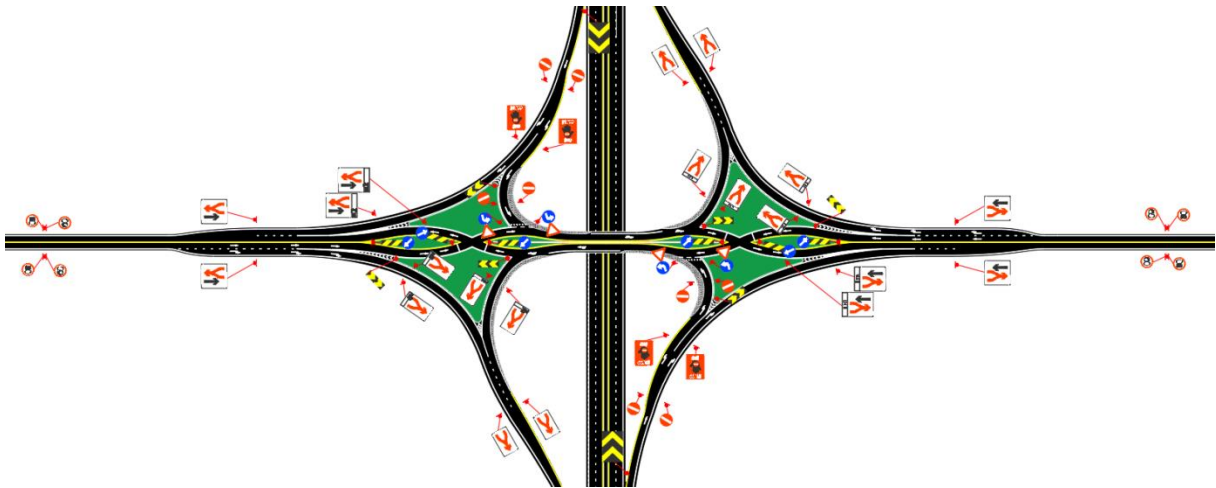
Det kan også vurderes å benytte andre tiltak, som f.eks. nedfreste riller som er noe ubehagelige å kjøre på. Slik kan personbilister holde seg i tiltenkt kjørefelt. Slik vil det heller ikke foreligge avvik i henhold til oppmerkingsnormalen.

7.2 Skiltplan

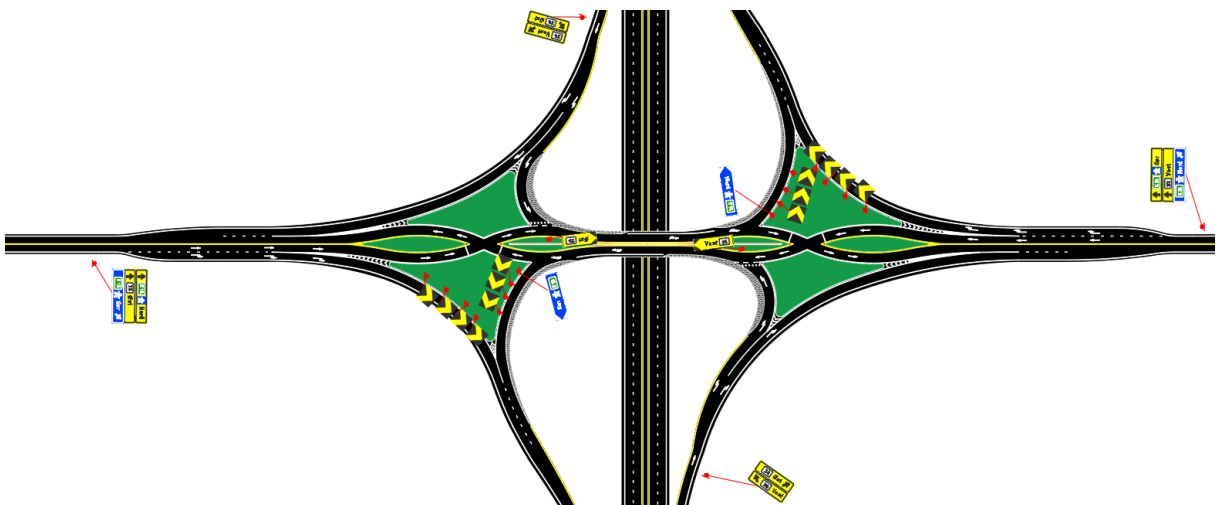
Et forslag til skiltplan med standardskilt er vist i Figurene 7.2.1 – 7.2.3. DDI-krysset krever svært mange skilt. Derfor består skiltplanen av følgende tre deler:

- Del 1 - Øvrige skilt
- Del 2 - Retningsmarkering og vegvisningsskilt
- Del 3 - Skilting montert på stolper for signalanlegg

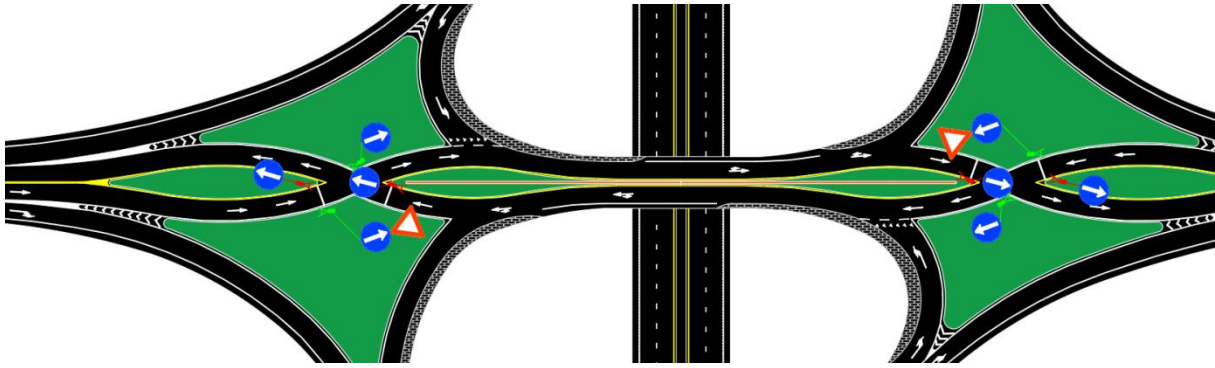
En oversikt over standardskiltene i skiltplanen er å finne i Vedlegg J. Her følger også antall skilt av hver type, samt merknader. Deretter følger en gjennomgang av skilt som kan kreve fravik eller ny utforming. Til slutt utføres sammenligning med skiltplanen til en DDI i USA.



Figur 7.2.1: Skiltplan DDI – Del 1 (Øvrige skilt)



Figur 7.2.2: Skiltplan DDI – Del 2 (Retningsmarkering og vegvisningsskilt)



Figur 7.2.3: Skiltplan DDI – Del 3 (Skilting montert på stolper for signalanlegg)

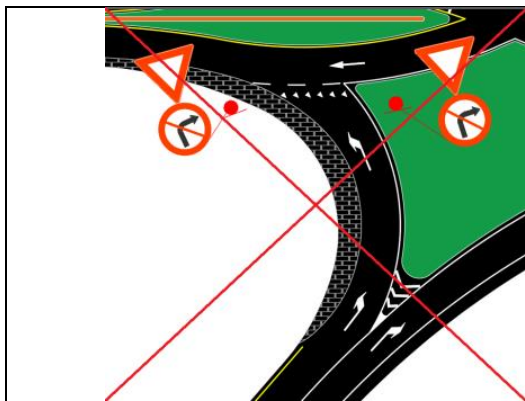
Diskusjon av alternative løsningsforslag

Her drøftes alternative skiltforslag. Fordeler og ulemper poengteres, og det forklares hvorfor løsningen velges eller forkastes i den etablerte skiltplanen. Utredningen viser at DDI-krysset kan skiltes på konvensjonelt vis, men det foreligger også mulige spesialskilt. To alternative løsninger diskuteres:

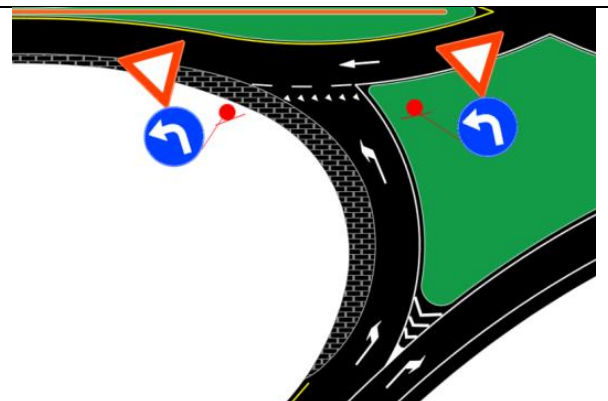
1. Bruk av «Påbudt kjøreretning» eller «Svingeforbud» for venstresvingefelt
2. Vurdering av spesialskilt for sideveg

1. Bruk av «Påbudt kjøreretning» eller «Svingeforbud» for venstresvingefelt

Bruk av forbudsskilt for å hindre høyresving fra venstresvingefelt på broen kan være aktuelt. Den aktuelle venstresvingen fra hovedveg representerer en uvant bevegelse for norske trafikanter. Forbudsskilting i tilknytning til motorveg blir av mange trafikanter forbudet med fare, og bør kanskje ikke brukes for annet enn å skilte feil kjøreretning. Derfor anses påbudt høyresving som mer hensiktsmessig. Skiltforslagene er vist i Figur 7.2.4 og 7.2.5.



Figur 7.2.4: Forbud mot høyresving



Figur 7.2.5: Påbudt venstresving

2. Vurdering av spesialsilt for sideveg

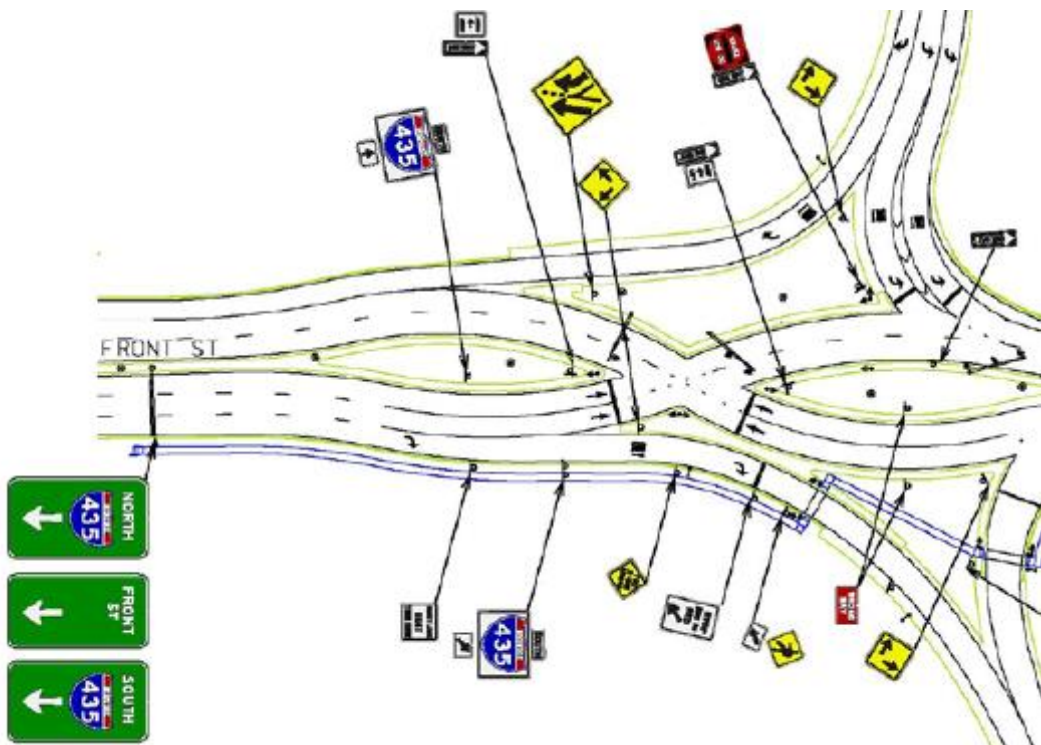
En «fornorsket» versjon av skiltet i Figur 7.2.6 kan være fornuftig å vurdere for å informere trafikanter på sideveg om kjøremåten gjennom DDI-krysset. Bruk av nye skilt må riktignok vurderes nøye, og krever grundig utredning.



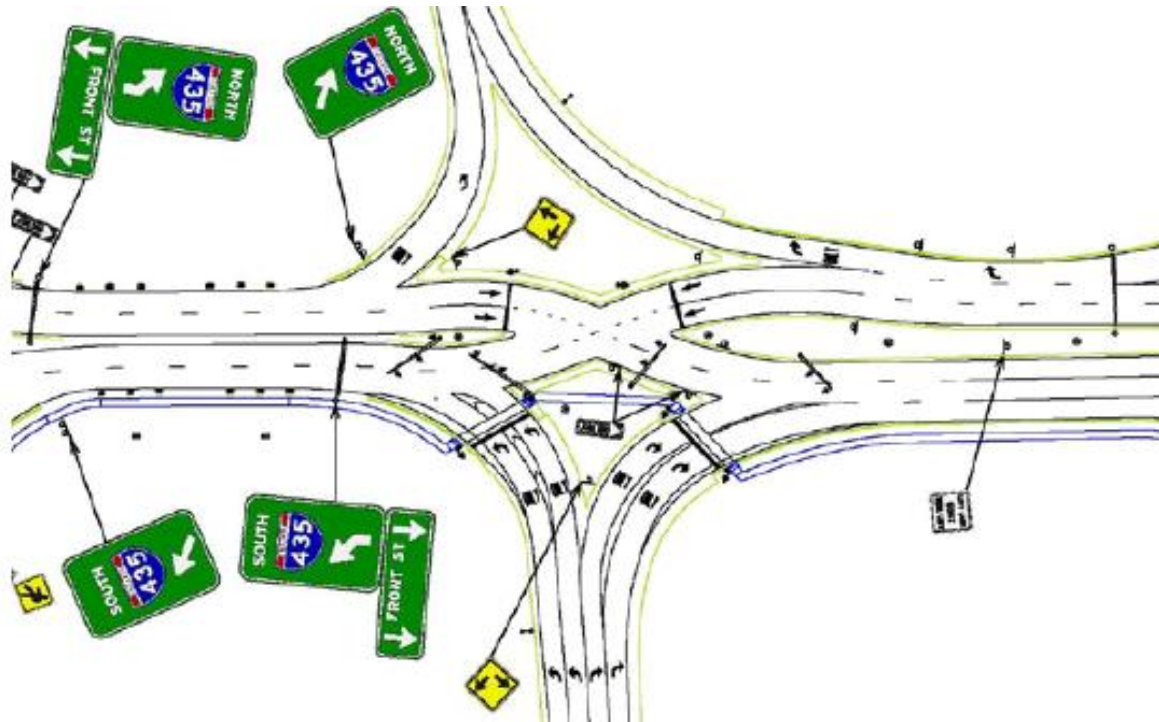
Figur 7.2.6: Alternativt vegskilt for sideveg i DDI (Missouri DOT, 2010, s. 15)

Sammenligning med skiltplaner for eksisterende DDI-løsninger

Hughes et al., 2010 inneholder skiltplaner for et DDI-kryss, gjengitt i Figur 7.2.7 og 7.2.8.



Figur 7.2.7: Skiltplan for DDI-kryss i Missouri – Del 1 (Hughes et al., 2010, s. 236)



Figur 7.2.8: Skiltplan for DDI-kryss i Missouri – Del 2 (Hughes et al., 2010, s. 237)

Fellestrekk:

- Skilt for fletting benyttes på tilnærmet identisk plass
- Vegvisningsskilt settes opp ca. like langt fra hovedkrysset

Forskjeller:

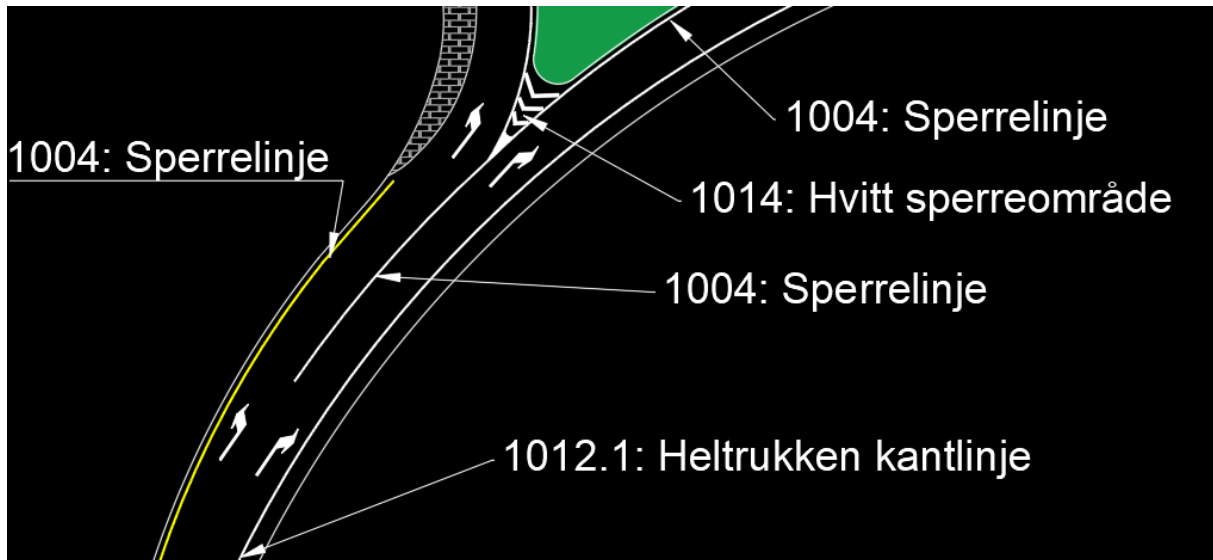
- DDI i Missouri bruker «envegskjørt»-skilt istedenfor «påbudt venstresving» ved påkobling av venstresvingefelt og bro. Dette kan være hensiktsmessig.
- DDI i Missouri benytter «envegskjørt»-skilt for gjennomkjøring i hovedkryss, i stedet for skilt som tilsvarer 402.3, «påbudt kjøreretning rett fram».

Konklusjon

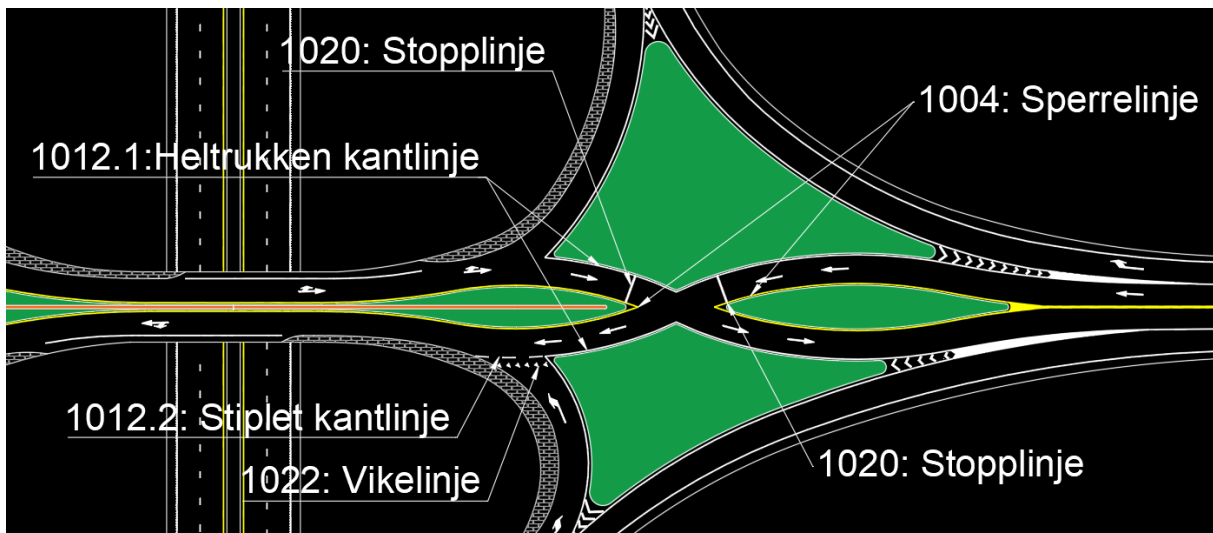
Det er mulig å skilte DD-krysset ved bruk av standardskilt i N300. Skiltplanen anses som hensiktsmessig, og gir grei informasjon. Gjennomgang av skiltplan for DDI-kryss i Missouri viser mange likhetstrekk med den foreslåtte planen. Det kan imidlertid vurderes å anrette spesialskilt for vegvisning på sideveg.

7.3 Oppmerkingsplan

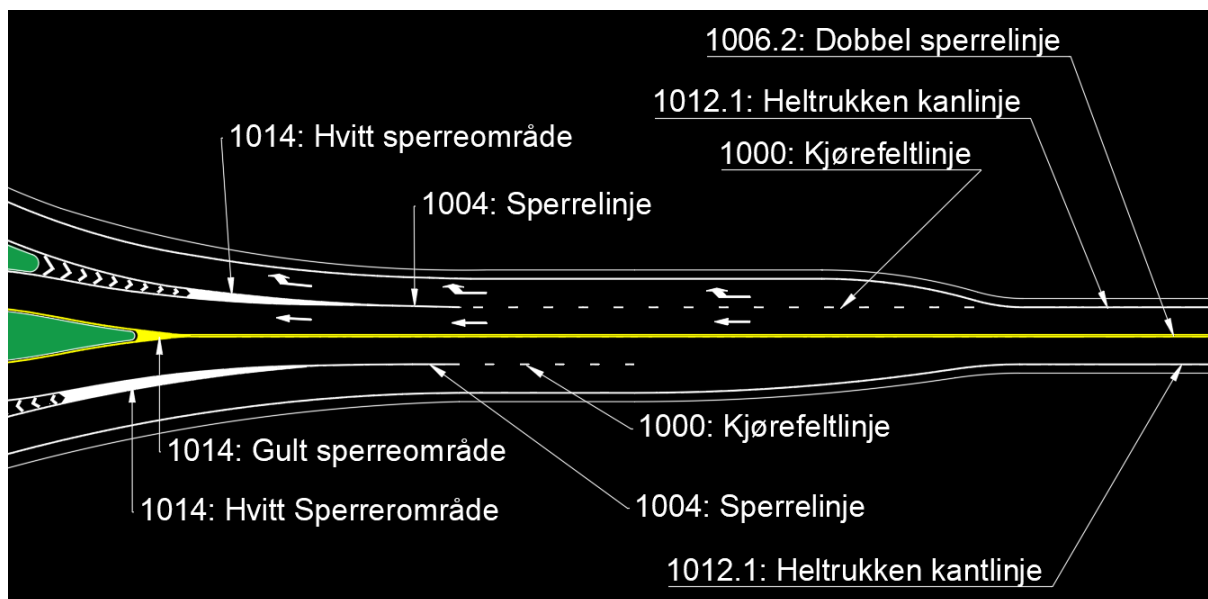
Et forslag til oppmerkingsplan for DDI er illustrert i Figurene 7.3.1-7.3.4. Oppmerkingen er gjort etter Tabell 3.2.5, og ytterligere detaljert i Vedlegg K. Kun oppmerking av selve krysset vurderes. Det forutsettes at nedre del av rampene, samt motorvegen, oppmerkes som vanlig. DDI-krysset er symmetrisk. Derfor drøftes kun østre side av krysset.



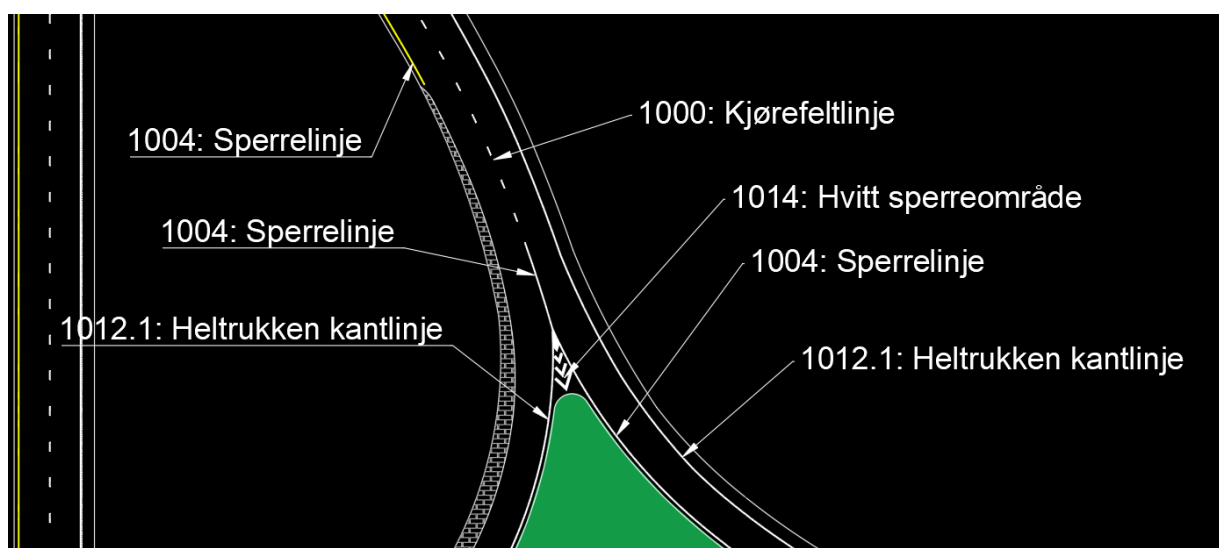
Figur 7.3.1: Oversikt over oppmerking av avkjøringsrampe



Figur 7.3.2: Oversikt over oppmerking av hovedkryssområde



Figur 7.3.3: Oversikt over oppmerking av vekslingsområde langs sideveg



Figur 7.3.4: Oversikt over oppmerking av påkjøringsrampe til hovedveg

Følgende oppmerkingselementer i DDI-krysset krever særskilt vurdering:

1. Oppmerking av venstresvingefelt og høyresvingefelt på avkjøringsrampen
2. Oppmerking av sideveg
3. Oppmerking av feltsammenslåing ved påkjøringsrampen til hovedveg
4. Linjeoppmerking i hovedkryss
5. Symboloppmerking i vegbanen

1. Oppmerking av venstresvingefelt og høyresvingefelt på avkjøringsrampen

N302 gir lite informasjon om hvordan oppmerking av avkjøringsrampe skal utføres dersom denne forgrenes i to kjørefelt. Oppmerking av ulike toplanskryss ble derfor studert i Google Maps. Aulerødkrysset i Tønsberg kommune har en likende geometri, og oppmerkingen er å betrakte som retningsgivende. Et utsnitt av krysset er vist i Figur 7.3.5.



Figur 7.3.5: Avkjøringsrampen i Aulerødkrysset (Google Maps⁴)

Her anrettes hvit sperrelinje med påfølgende sperreområde i forkant av trafikkøyen. En grov lengdemåling viser at sperrelinjen har lengde på ca. 25 meter. Ettersom både dimensjoneringsklasser og rampenes utforming er sammenlignbare med tilsvarende elementer i DDI-krysset, virker det fornuftig at sperrelinjen på avkjøringsrampen settes til 25 meter.

2. Oppmerking av sideveg

Sidevegen på hver side av krysset består av et fletteområde for høyresvingende motorvegtrafikk, samt et høyresvingefelt for avsvingende sidevegtrafikk. Oppmerkingen av området utføres etter retningslinjene i N302. Enkelte elementer krever ytterligere diskusjon:

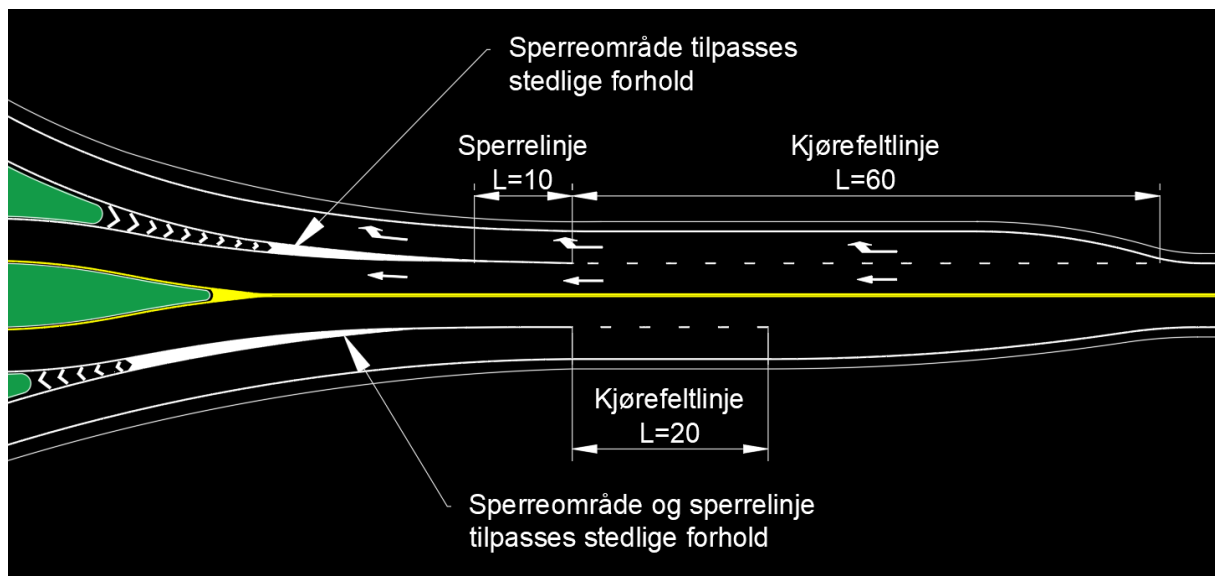
1. Det foreslås at motgående kjørefelt på sidevegen skilles med *1006.2 dobbel sperrelinje*. Lengden på dobbel sperrelinje settes etter stedlige forhold.
2. Ved sammenføyingen av sideveg med høyresvingerampen fra motorveg, benyttes hvitt sperreområde og sperrelinje fram til punktet hvor kjørefeltene parallellføres. Respekt-

⁴ GPS-koordinater: 59.287670, 10.332980

ive lengder tilpasses stedlige forhold. Etter sperrelinjens avslutning, skilles kjørefeltene ved hjelp av *1000 kjørefeltlinje* så lenge begge feltene har full bredde. Denne lengden er 20 meter, som følge av geometrisk utforming.

3. Høyresvingefeltet som leder mot motorvegen oppmerkes med *1000 kjørefeltlinje* fra begynnelsen, til feltene divergerer. Dette tilsier en lengde på 60 meter. Deretter skilles kjørefeltene ved hjelp av 10 meter lang sperrelinje og hvitt sperreområde.

De presenterte detaljene er illustrert i Figur 7.3.6.



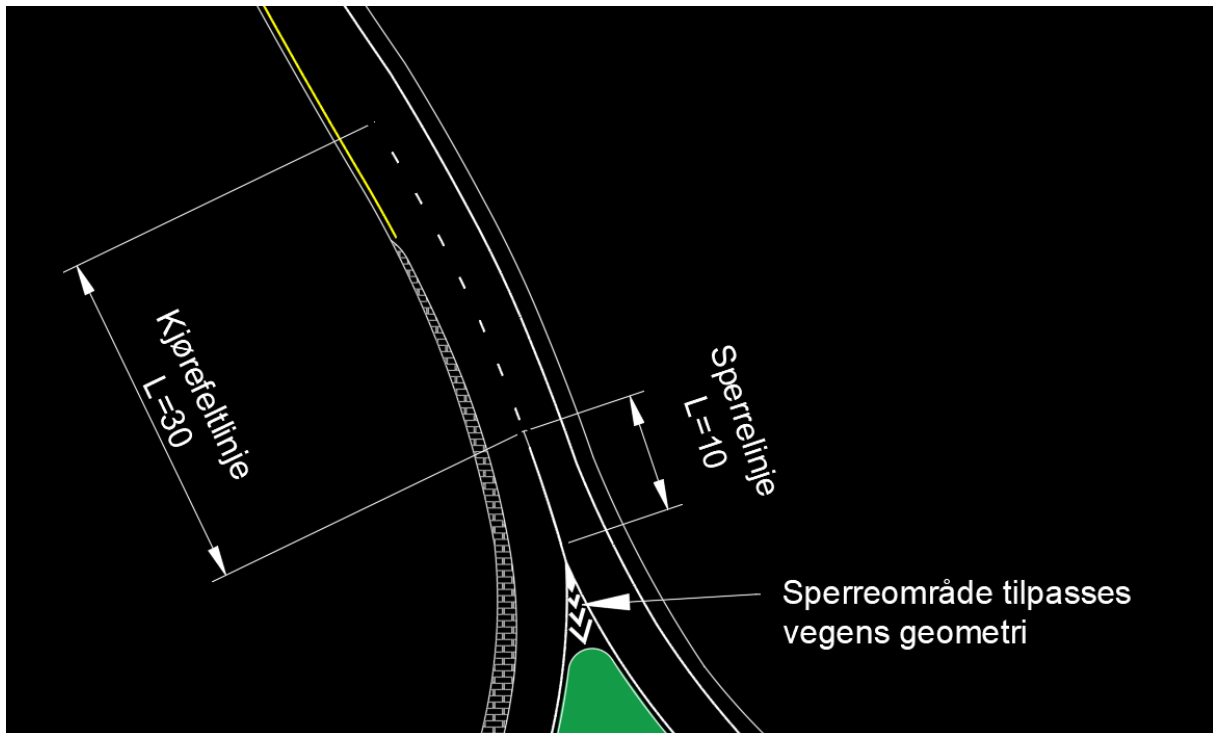
Figur 7.3.6: Detaljer forklaring av flette- og avkjøringsområde

3. Oppmerking av feltsammenslåing ved påkjøringsrampen til motorveg

I forkant av sammenføyingen oppmerkes «mellomliggende» vegareal som hvitt sperreområde etterfulgt av hvit sperrelinje. I den foreslåtte utformingen anrettes 10 meter lang sperrelinje. Ved punktet hvor sperrelinjen avsluttes, løper kjørefeltene parallelt. Denne er etterfulgt av 30 meter lang *1000 kjørefeltlinje* frem til innsnevringen av høyre kjørefelt begynner. Oppmerking av feltsammenslåingen er dermed gjort i henhold prinsippet om feltaddisjon, illustrert i Figur 7.3.7. Resulterende oppmerkingen i DDI er vist i Figur 7.3.8.



Figur 7.3.7: Oppmerking av feltaddisjon (N302, s.63)



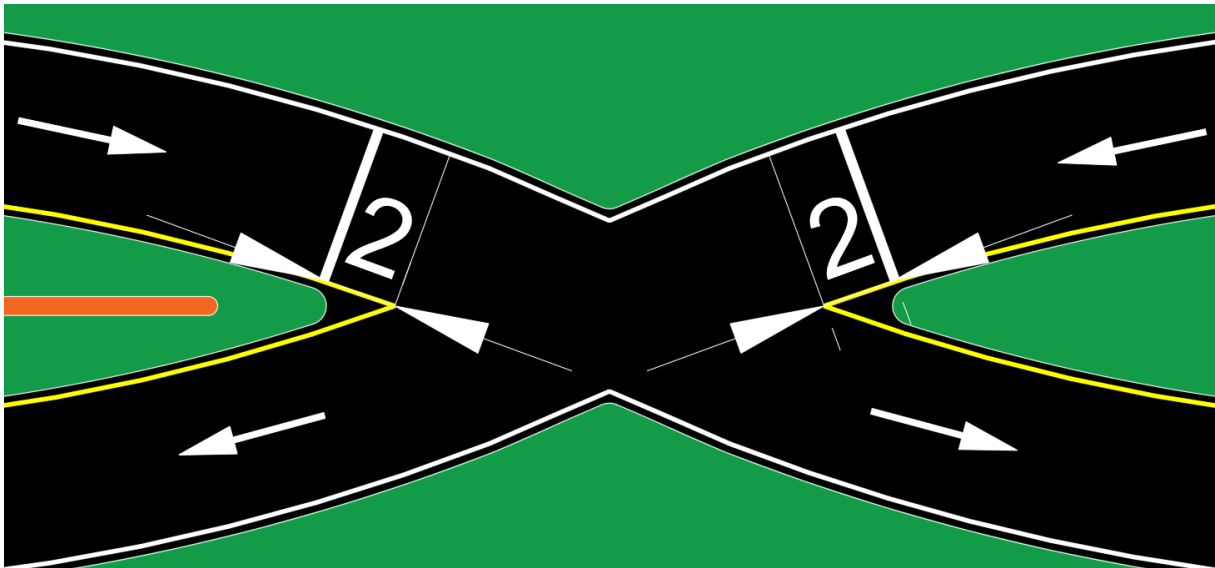
Figur 7.3.8: Detaljert oppmerking av feltsammenslåing ved avkjøringsrampen

4. Linjeoppmerking i hovedkryss

Oppmerking i hovedkryss må tydelig understreke hvor trafikantene skal ferdes videre, og det må forhindres at kjøretøy havner i feil kjøreretning. Det kreves følgende endringer i forhold til N302:

- For å understreke riktig kjøreretning forslås det at kantlinjer og sperrelinjer i tilknytning til trafikkøyene ikke hjørneavrundes. «Skarp» oppmerking i hjørner kan gi bedre informasjon.
- Stopplinjen trekkes 2 meter «bakover» fra «krysningskant», i flukt med primær-signalet i begge tilfarter.

Punktene illustreres i Figur 7.3.9.



Figur 7.3.9: Linjeoppmerking av signalregulert kryssoområde

5. Symboloppmerking i vegbanen

Følgende symboloppmerking anses som nødvendig for kryssoområdet:

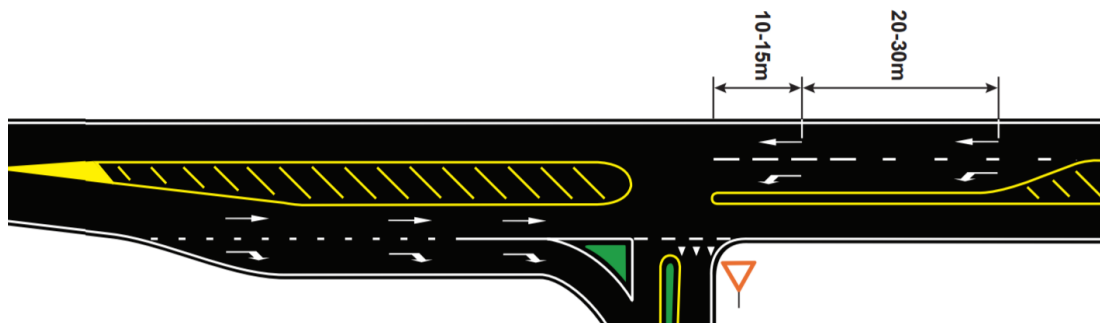
1. Retningspiler på avkjøringsrampen fra hovedveg
2. Retningspiler ved avkjøring fra sideveg til hovedveg
3. Retningspiler på broen og i hovedkrysset

1. Retningspiler på avkjøringsrampen fra hovedvegen

Avkjøringsrampen deles i to separate kjørefelt avhengig av videre bevegelse. N302 omtaler i liten grad hvordan oppmerkingen av avkjøringsrampens «øvre» del skal utføres. Aulerødkrysset betraktes igjen som mal for oppmerkingens utforming i DDI-krysset. I Aulerødkrysset brukes «felles» retningspiler i forkant av kjørebaneutvidelsen, og separate retningspiler i rampen etter divergens. Dette framkommer i Figur 7.3.5. En grov lengdemåling viser at retningspilene oppmerkes med ca. 30 innbyrdes avstand. Dette gjøres tilsvarende i DDI.

I forkant av kjørebaneutvidelsen benyttes felles 1034.R. Etter utvidelsen anrettes henholdsvis 1034.V for venstresvingefeltet og 1034.H for høyresvingefeltet. Retningspilene for høyresvingefeltet avsluttes der kjørefeltene skiller lag, illustrert i Figur 7.3.12.

For å understreke at venstresvingende kjøretøy har påbudt venstresving, foreslås det å anrette én ekstra retningspil i forkant av vikelinjen. Det foreslås å benytte krav til oppmerking av vikepliktsregulerte kryss med fartsgrense ≥ 60 km/t, selv om fartsgrensen er forskjellig. Avstanden mellom symbolene er vist i Figur 7.3.11.



Figur 7.3.11: Symboloppmerking i kryss med fartsgrense ≥ 60 km/t (N302, s.52)

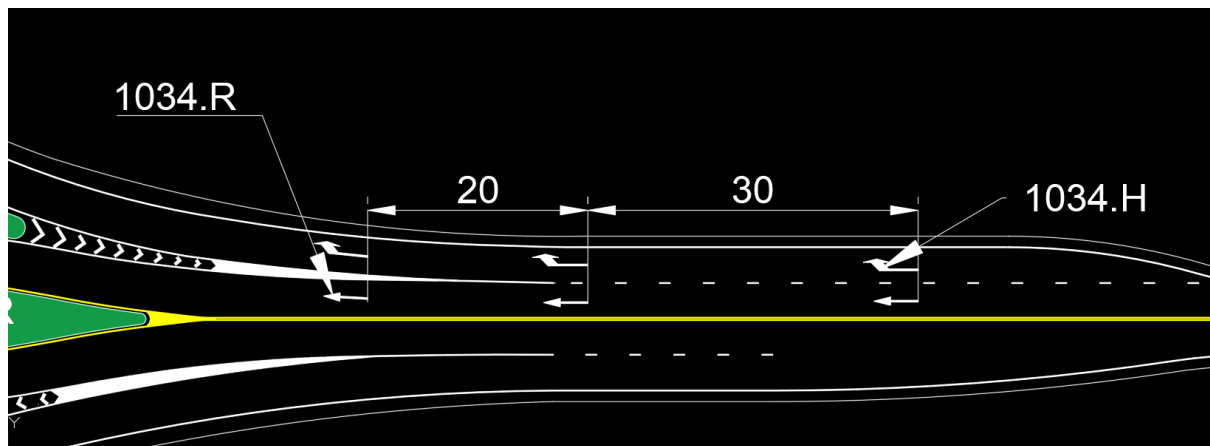
Siste retningspil langs venstresvingefeltet plasseres ca. 20 meter fra forrige pil, og legges dermed 10 meter før vikelinjen. Foreslått symboloppmerking på avkjøringsrampen er vist i Figur 7.3.12.



Figur 7.3.12: Symboloppmerking på avkjøringsrampen

2. Retningspiler ved avkjøring fra sideveg til hovedveg

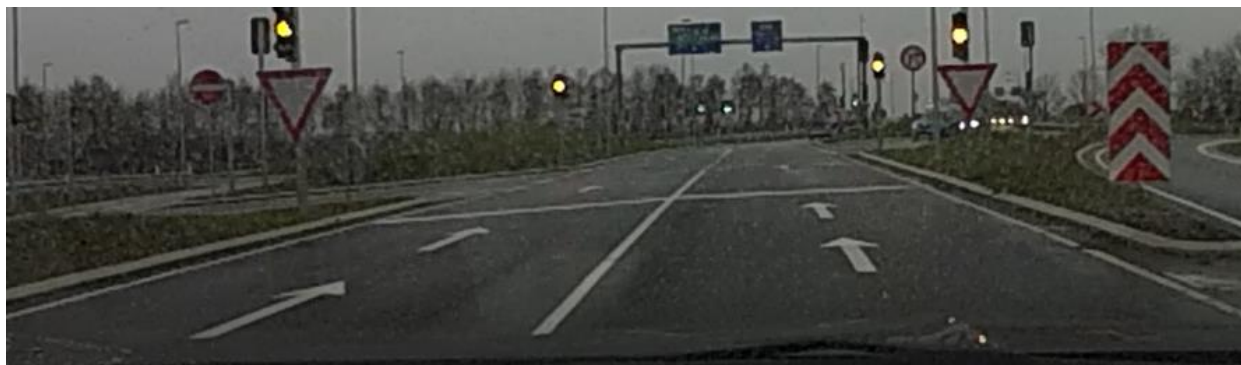
Oppmerkingen utføres i samsvar med lengdeintervallene angitt i Figur 7.3.11. Høyresvingefeltet og gjennomkjøringsfeltet oppmerkes med henholdsvis 1034.H og 1034.R. Avstanden mellom de to første retningspilene er satt til ca. 30 meter på stekningen der kjørefeltene løper parallelt, og ca. 20 meter der feltene divergerer. Symboloppmerkingen er illustrert i Figur 7.3.13.



Figur 7.3.13: Symboloppmerking på sideveg

3. Retningspiler på broen og i hovedkrysset

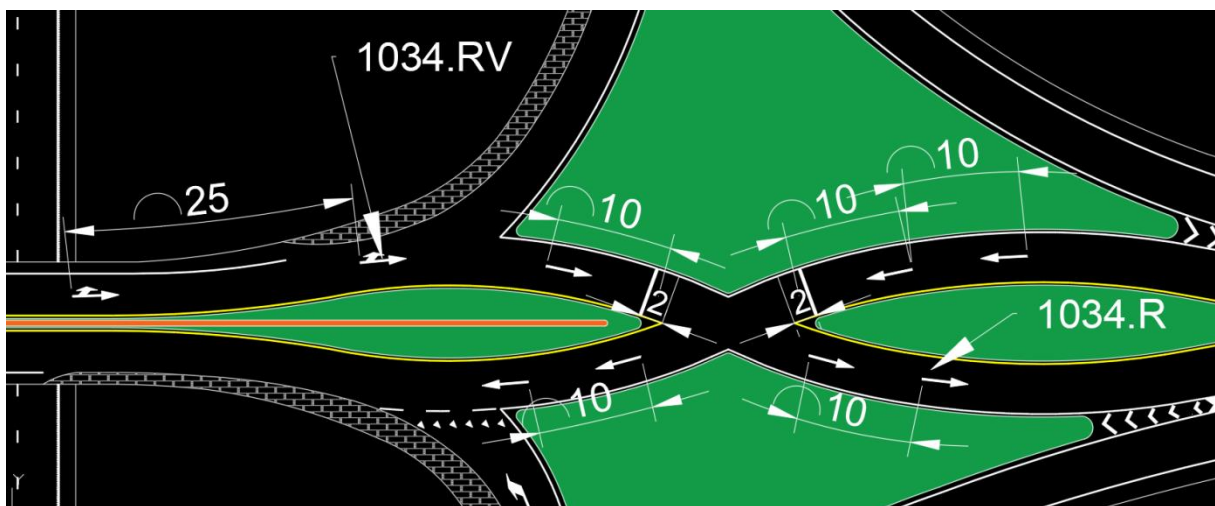
For å lede trafikantene i riktig kjøreretning over broen, anrettes retningspiler på tilfarer i hovedkryss. Det anses som fornuftig å hente inspirasjon fra DDI-krysset i Odense, ettersom dansk og norsk oppmerking har mange likhetstrekk. Symboloppmerking benyttet i hovedkrysset i dette krysset er vist i Figur 7.3.14. Det framkommer av figuren at pilene i vegbanen er anlagt med meget kort lengdeintervall.



Figur 7.3.14: Skjermbilde av gjennomkjøring av DDI i Odense (Aakre, 2017c)

Den foreslåtte DDI geometrien skiller seg riktignok fra krysset ved at det kun brukes ett kjørefelt i hver retning. Det kan derfor tenkes at behovet for symboloppmerking er mindre ettersom selve krysningsarealet er mindre. Det foreslås derfor å anlegge to retningspiler i vegbanen med innbyrdes avstand 10 meter, før og etter krysningen. I oppmerkingsplanen anses det som hensiktsmessig å benytte to retningspiler før og etter krysningen. Det benyttes ikke retningspiler i felles krysningsområde. Det benyttes en avstand på 10 meter mellom stopplinjen og retningspilen.

Etter å ha kjørt over broen, har trafikantene mulighet til å foreta venstresving mot motorvegen eller fortsette rett fram på sideveg. Det anrettes to 1034.RV-piler som understreker mulighet for venstresving og gjennomkjøring. Symbolene anrettes med 25 meters innbyrdes avstand. Symboloppmerkingen av bro og hovedkryss er vist i Figur 7.3.15.



Figur 7.3.15: Symboloppmerking på broen og i hovedkrysset

7.4 Brøyteplan

Fra et vinterdriftsperspektiv har DDI-krysset følgende egenskaper:

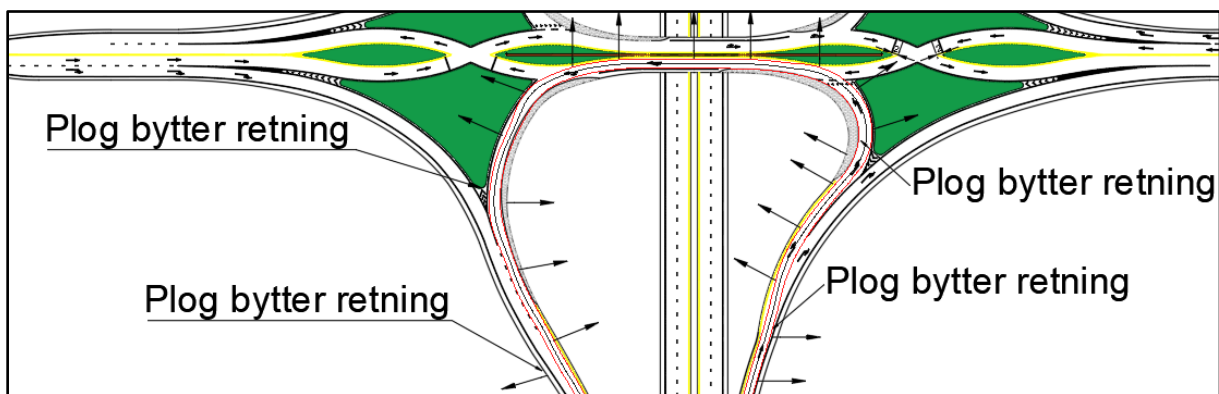
- Krysset tillater ikke gjennomkjøring mellom av- og påkjøringsarmer i samme retning. Dette gjør det ikke mulig å fortsette gjennom krysset, uten å snu på sideveg. Krysset er derfor egnet som endepunkt for brøyteroder.
- Det er høy grad av kanalisering i krysset. Det kreves derfor mange gjennomkjøringer for å brøyte alle tilfartene.
- Det er ikke forsvarlig å kaste snø utenfor broen og ned på underliggende motorveg. Rent prinsipielt finnes det derfor 3 valg, avhengig av snølagringsmulighetene:
 1. Brøyte inntil siderekkeret. Skulderen er for smal til at dette lar seg gjøre.
 2. Brøyte snø framover med vinkelrett plogstilling. Slik akkumuleres snø i plogen. Dette kan kun gjøres over korte avstander, størrelsesorden 10 meter. Broen er for langt til at dette kan gjøres
 3. Brøyte snøen over på deleøy på broen. Dette er eneste mulige løsning.
- Krysset består av mange trafikkøyer der snø kan deponeres.
- Det må brøytes med lav hastighet inne i hovedkryssene. Dette kan gjøre at snøen samles på trafikkøyene, istedenfor å skytes over i motgående kjørefelt.
- God brøyting krever koordinering. Dette er utfordrende for brøytemannskap som tilhører ulike roder og ankommer krysset på forskjellige tider.

Det er utarbeidet brøyteplan med bruk av fire brøytebiler.

Brøytebil 1 og 2

Brøytebil 1 kommer sørfra langs hovedvegen med plogstilling mot høyre. Bilen svinger av i retardasjonsfeltet, og legger seg over i kjørefeltet for venstresving mens plogstillingen endres til venstre. Når bilen passerer trafikkøya som skiller venstresving og høyresving, endres plogstillingen igjen mot høyre, og holdes slik samtidig som kjøretøyet i praksis foretar U-sving over broen. Etter passering av trafikkøya som skiller påkjøringsfelt i motgående retning, skiftes plogstilling mot venstre. Der feltene føres sammen, endres plogstilling tilbake til høyre, og bilen fortsetter sørover. Dette er illustrert i Figur 7.4.1.

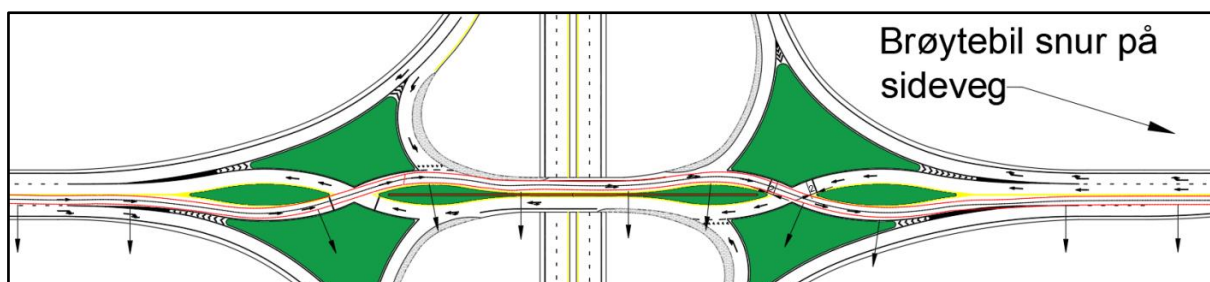
Brøytebil 2 kjører på tilsvarende måte som brøytebil 1, men kommer fra nord, og fortsetter nordover etter å ha brøytet sin parsell.



Figur 7.4.1: Rute for brøytebil 1 i DDI

Brøytebil 3

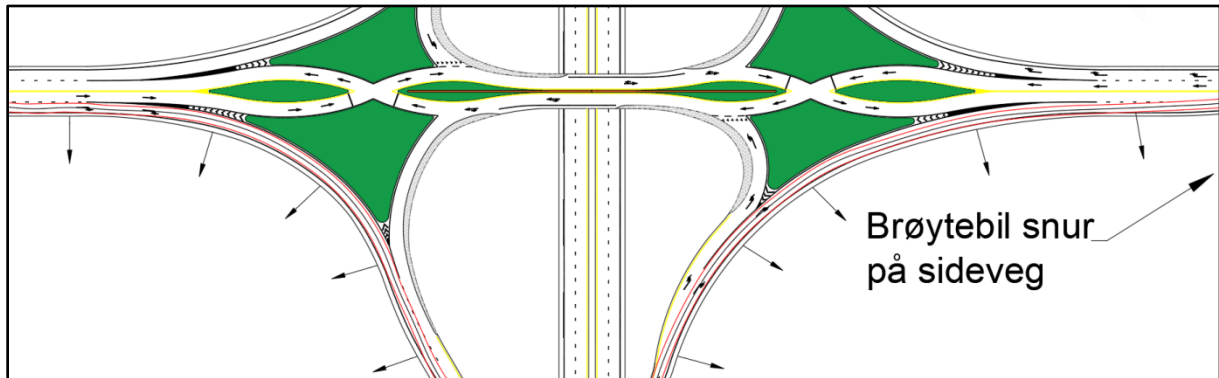
Brøytebil 3 kjører østover langs sideveg på vestsiden av broen, med plogstilling mot høyre. Kjøretøyet kjører gjennom krysset. Dette deponerer snøen i feltene for høyresving, og på alle trafikkøyer på høyre hånd. Ruten er illustrert i Figur 7.4.2. Bilen snur på sideveg, og brøyter tilsvarende motsatt veg.



Figur 7.4.2: Rute for brøytebil 3 i DDI

Brøytebil 4

Brøytebil 4 kjører østover langs vestre sideveg, med plogstilling mot høyre. Det foretas høyresving ut på motorveg. Deretter fortsetter brøytebilen sørover til neste kryssmulighet, foretar U-sving og kommer tilbake. Bilen foretar høyresving i retardasjonsfeltet, brøyter høyresvingefeltet og fortsetter langs østre sideveg. Dette er vist i Figur 7.4.3. Kjøretøyet snur på sidevegen, og brøyter den nordliggende ekvivalenten tilsvarende.



Figur 7.4.3: Rute for brøytebil 4 i DDI

Kommentarer til brøyteplanen

Ved brøyting av DDI foreslås følgende sekvens:

- Brøytebil 1 og 2 ankommer krysset først. Disse legger igjen snøranke i forbindelse med venstresvingebevegelser.
- Brøytebil 3 fjerner snøranken lagt igjen av biler 1 og 2. Samtidig vil disse deponere snø både i av- og påkjøringsramper for høyresving.
- Brøytebil 4 fjerner rankene fra bil 3, og brøyter snøen ut av vegbanen.

Sekvensen forhindrer at snøranke etableres i vegbanen. Ved god koordinasjon kan brøyting utføres på en effektiv måte. Det presiseres at, selv om mange biler er involvert, kan det være fornuftig at biler 1 og 2 har DDI-krysset som endepunkt for brøyteroden. Slik kan deres bidrag gjøres i forbindelse med snuoperasjoner.

7.5 Trafikkavvikling og miljøpåvirkning

Standardløsningen for toplanskryss i Norge, er ruterkryss med rundkjøringer. Egenskapene til DDI sammenlignes derfor med denne løsningen, samt en alternativt DDI med vikepliktsregulerte hovedkryss. Dette kan gi en pekepinn på trafikkavviklingen i når signalanlegget er ute av drift, men det er også tenkelig at dette kan være en reell reguleringsform som bør vurderes.

Begrepene «signalregulert DDI» og «vikepliktsregulert DDI» henviser dermed til to ulike versjoner av DDI. Forskjellen har å gjøre med reguleringsformen i hovedkryssene. Begge løsningene benytter vikeplikt ved påkobling av venstresvingerampen fra motorveg.

Motorvegen tas ikke med i vurderingene, og er derfor ikke vist i figurer eller OD-matriser. Det er ikke heller lagt inn stigning på rampene.

Bygging av alternative kryssmodeller – Signal og vikepliktsregulert DDI

Modellen for DDI-kryssene er vist i Figur 7.5.1, og er bygget etter følgende betraktninger:

Geometri: I henhold til delkapittel 7.1.

Kryssnode og reguleringsform

- Signalregulert DDI: Signalregulering med «yellow box» i begge hovedkryss.
- Vikepliktsregulert DDI: Vikeplikt «på veg inn» i første hovedkryss. Forkjøringsrett i andre hovedkryss «på veg ut»
- Vikepliktsregulering mellom venstresvingefelt fra motorveg og sideveg
- Fletting mellom høyresvingefelt og sideveg
- Fletting mellom påkjøringsrampene

Hastigheter på lenkene

Tabell 7.5.1: Oversikt over maksimal hastighet på ulike lenker i DDI-krysset

Veglenke	Maksimal hastighet [km/t]
Sideveg	50
Nedre del av avkjørings- og påkjøringsramper	60
Øvre del av avkjørings- og påkjøringsramper	50

Bygging av konvensjonell kryssmodell - Ruterkryss med rundkjøringer

Modellen for ruterkryss med rundkjøringer er vist i Figur 7.5.2, og bygget etter følgende betraktninger:

Geometri

- Rundkjøringer lages med ett felt med bredde 7 meter og ytre diameter lik 30 meter.
- Brolengden er identisk med DDI-krysset

Kryssnode og reguleringsform

- Vanlig vikepliktsregulering som for konvensjonelle rundkjøringer.

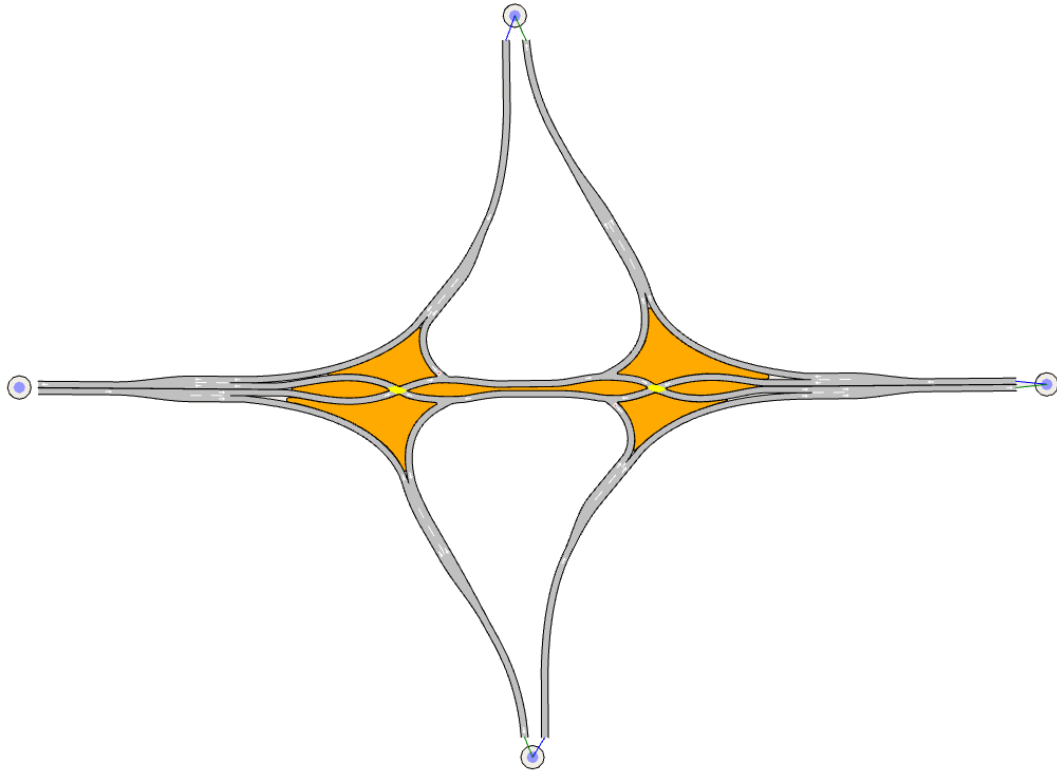
Hastigheter på lenkene

- Hastigheten på lenkene i ruterkrysset med rundkjøringer er tilnærmet likt som for DDI-krysset. Forskjellen mellom kryssene ligger i utformingen av rampenes øvre deler. Her er fletteprosessen fjernet, som kan tilsi en noe høyere fart for ruterkrysset med rundkjøringer.
- At farten i rundkjøringenes sirkulasjonsområde er satt til 50 km/t anses som svært konservativt, men tar likevel høyde for at enkelte kjøretøy kan foreta direkte høyresving uten oppbremsing, ved ledig luke.

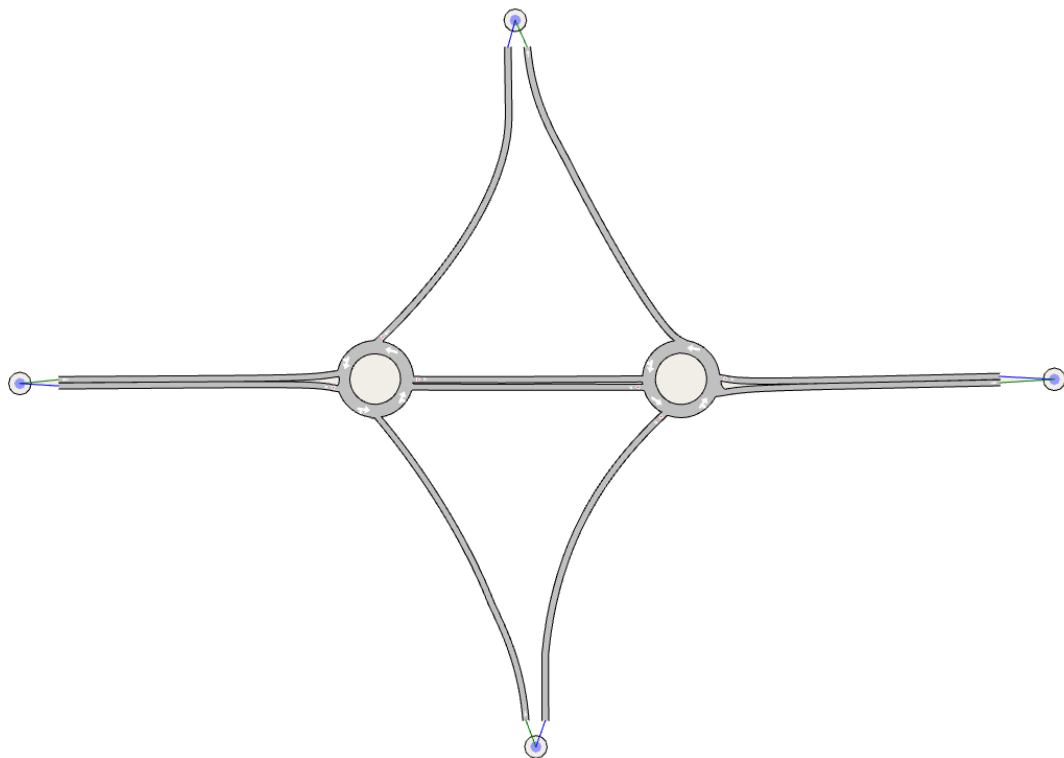
Hastighetene i ruterkrysset er oppsummert i Tabell 7.5.2.

Tabell 7.5.2: Oversikt over fartsnivå på ulike lenker i ruterkryss med rundkjøringer

Veglenke	Maksimal hastighet [km/t]
Sideveg og bro	50
Ramper	60
Rundkjøringer	50



Figur 7.5.1: Modellfremvisning av DDI i Aimsun



Figur 7.5.2: Modellfremvisning av ruterkruss med rundkjøringer i Aimsun

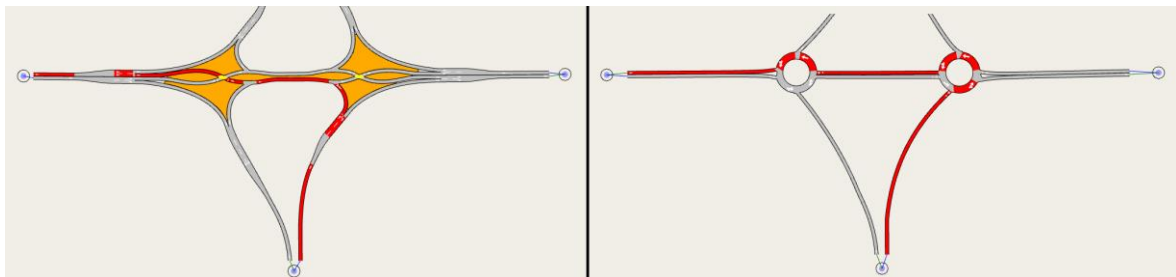
Avgrensning av områder for analyse

Trafikksimuleringen utføres i tre deler:

1. Analyse av relevante kjøretøybevegelser («subpath»-analyse)
2. Analyse av kølengde på rampe («section»-analyse)
3. Totalanalyse av kryssmodellene («network»-analyse)

Analyse av relevante kjøretøybevegelser

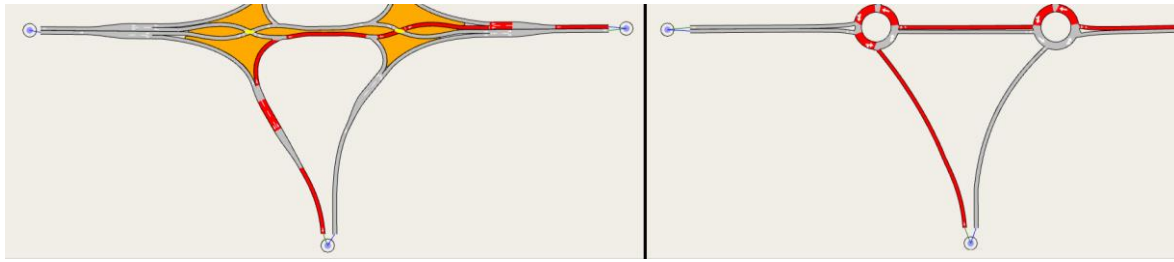
- Venstresving fra motorveg
 - Det er interessant å kartlegge hvilken effekt den utradisjonelle venstresvingen har for avsvingende motorvegtrafikk. Bevegelsen vises i Figur 7.5.3.
- Gjennomkjøring på sideveg
 - For signalregulert DDI er det rimelig å anta at gjennomgangstrafikk på sideveg opplever større forsinkelse enn i ruterkrysset. Det kan tenkes at vikepliktsregulert DDI gir bedre avvikling sammenlignet med ruterkrysset. Forskjellene bør derfor kartlegges. Bevegelsen vises i Figur 7.5.4.
- Venstresving fra sideveg
 - Kryssingen av motgående trafikk «flyttes» til hovedkrysset, slik at bevegelsen kun er i konflikt med andre strømmer på én plass. Dette vises i Figur 7.5.5.



Figur 7.5.3: «Subpath» for venstresving fra hovedveg



Figur 7.5.4: «Subpath» for gjennomgang langs sideveg



Figur 7.5.5: Subpath» for venstresving fra sideveg

Analysen utføres ved bruk av «Subpath»-funksjonen i Aimsun, som tillater sammenligning av reisetid og forsinkelse for de ulike kryssutformingene. Grunnet ulik geometrisk utforming, er det nødvendig å kartlegge «Subpath»-avstandene for hvert kryss for kunne sammenligne reisetid, som er et absolutt mål. Lengdene på rutene er vist i Tabell 7.5.3.

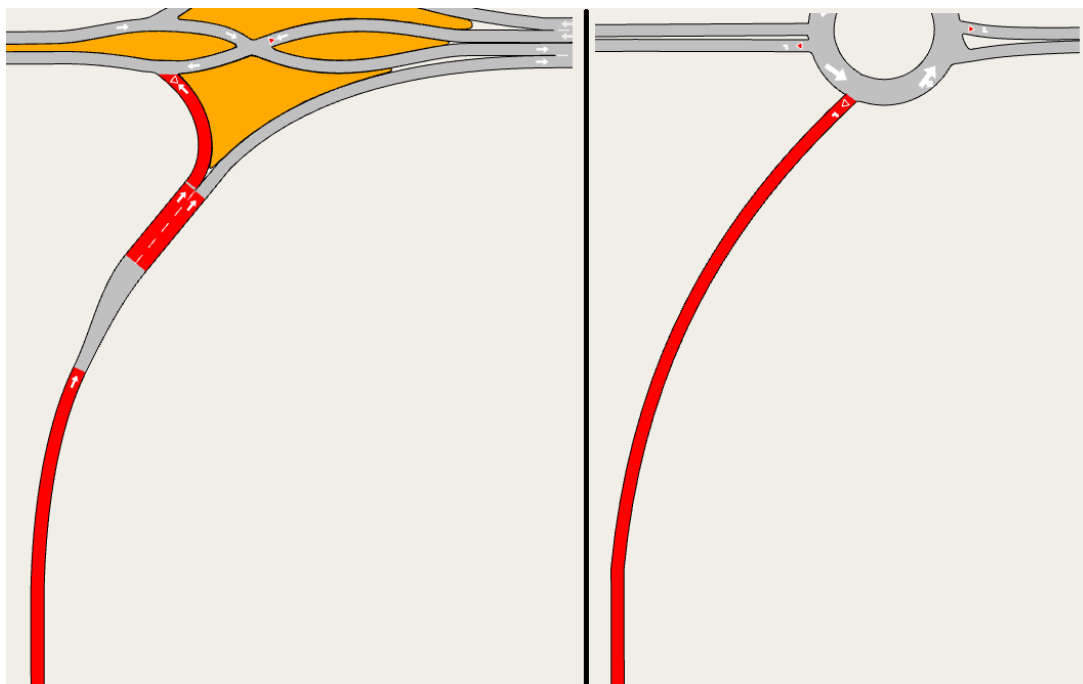
Tabell 7.5.3: Oversikt over «Subpath»-distanser for kryssene (mål i meter)

Subpath	DDI (begge reguleringsformer)	Ruterkryss med rundkjøringer
Venstresving fra hovedveg	483	601
Gjennomgang langs sideveg	506	534
Venstresving fra sideveg	488	596

Analyse av kølengde på rampe

Ved høy avsvingende trafikk for ruterkryss med rundkjøringer kan det oppstå tilbakeblokkering av avkjøringsrampen og interaksjoner med motorvegtrafikken. Det antas at DDI-krysset kan eliminere problemene, ettersom avkjørende trafikk sikres bedre avvikling. Det foretas derfor en analyse av kølengde på rampen for DDI-løsningene og ruterkrysset.

Rampeutformingen for DDI er mer oppstykket (3 lenker) enn for ruterkrysset (én lenke). Køen for DDI-kryssene beregnes ved å summere kølengden på hver lenke til en totalsum. Slik kan kryssene sammenlignes på en forenklet måte. Strekningene er illustrert i Figur 7.5.6.



Figur 7.5.6: Sammenligning av delstrekninger på avkjøringsrampe

Totalanalyse av kryssmodellene

Totalanalysen betrakter reisetid, forsinkelse, stopptid og utlippstall for krysset som helhet. Selv om det skulle påvises en forverring for enkelte kjøretøybevegelser i «subpath»-analysen, kan det tenkes at omfordelingen av prioritet gir en forbedring av totale forhold i krysset.

Etablering av OD-matriser

Framgangsmåten for å utarbeide OD-matriser for DDI skiller seg fra metoden benyttet for Modifisert T-kryss og RCUT. For de to sistnevnte kryssene, ble matrisene definert ved å sette trafikk på de nye kryssene. Ettersom én versjon av DDI er tenkt signalregulert, må signalanleggets omløpstid tilpasses særskilt for hver trafikkmengde. Der er dermed mer hensiktsmessig å utarbeide OD-matriser ved visuell inspeksjon av ruterkrysset. Følgende krav settes:

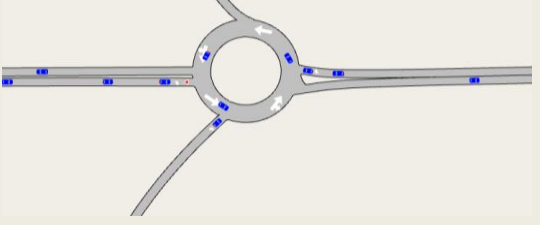
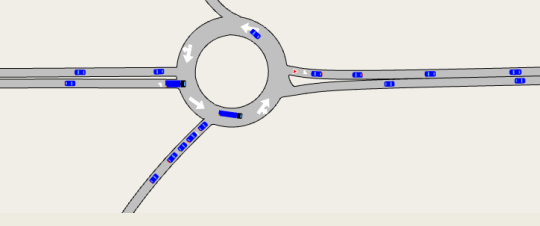
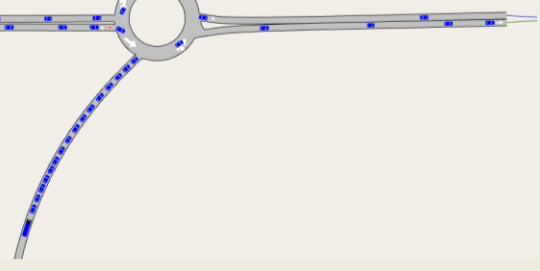
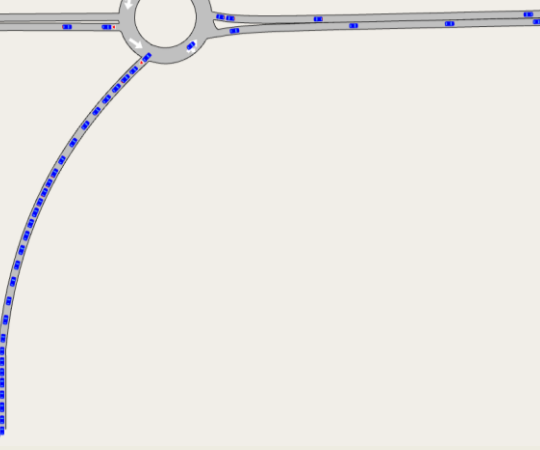
- OD (Lav): Trafikken avvikles tilnærmet uhindret på avkjøringsrampen
- OD (Middels): Periodevis kødannelse på avkjøringsrampen
- OD (Høy): Periodevis omfattende kødannelse på avkjøringsrampen

I tillegg simuleres en situasjon med svært mye avsvingende trafikk fra motorveg, der formålet er å tilbakeblokkere rampen i ruterkrysset. Det bør kartlegges hvorvidt DDI-kryssene

håndterer trafikkmengden. Sidevegtrafikken er redusert noe, sammenlignet med belastningsgrad «høy». Det er derfor viktig at resultater for denne belastningen betraktes separat.

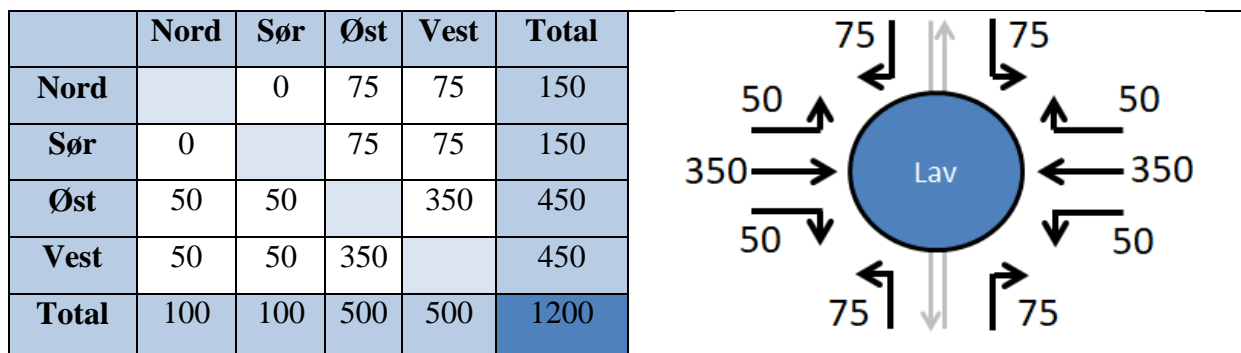
- OD(Høy avsving): Kontinuerlig tilbakeblokkering av rampen

Direkte kjøring mellom av- til påkjøringsrampe i samme retning er ikke fysisk mulig i DDI. Ruten utelates derfor i alle OD-matrisene. Belastningstilfellene er illustrert i Figur 7.5.7.

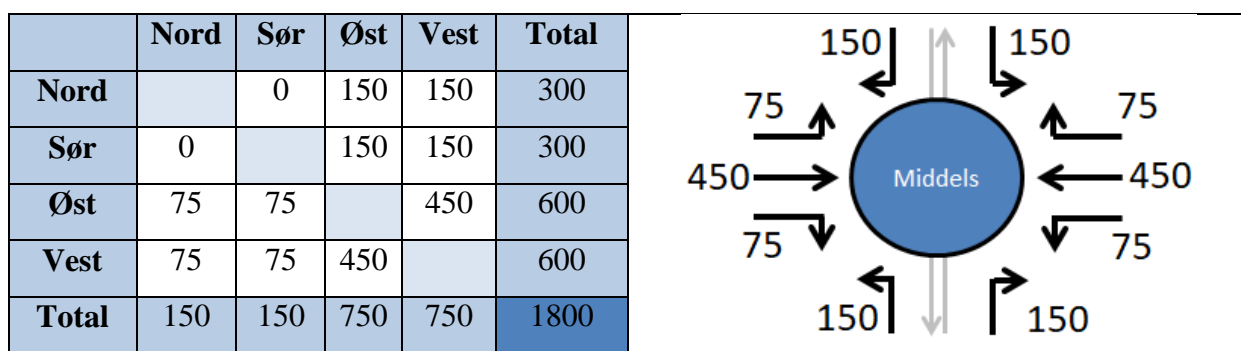
Belastningsgrad	Trafikkforhold på ruterkruss
<p>Lav</p> <p>Trafikken flyter tilnærmet uhindret. Enkelte kjøretøy må vike ved de to rundkjøringene.</p>	
<p>Middels</p> <p>Kjøretøy fra avkjøringsrampene opplever litt kødannelse. Denne avvikles raskt.</p>	
<p>Høy</p> <p>Omfattende kø og forsinkelse for kjøretøy på avkjøringsrampen. Full tilbakeblokkering forekommer enkelte ganger, men varer ikke lenge.</p>	
<p>Høy avsving (svært høy trafikkbelastning)</p> <p>Kø på avkjøringsrampe forplanter seg ut på motorvegen, slik at rampen er kontinuerlig tilbakeblokkert.</p>	

Figur 7.5.7: Visualisering av belastningsgrader i ruterkruss med rundkjøringer

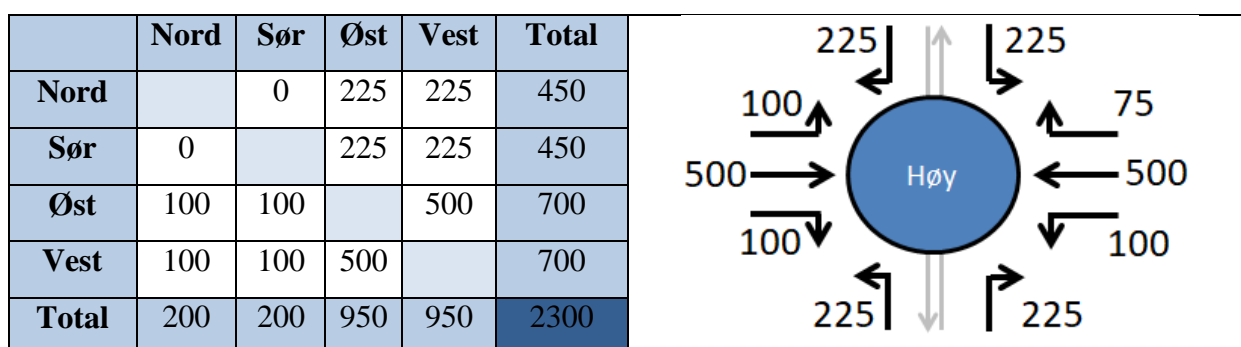
OD-matrisene i Figurer 7.5.8 – 7.5.11 og er lagt til grunn for analysen.



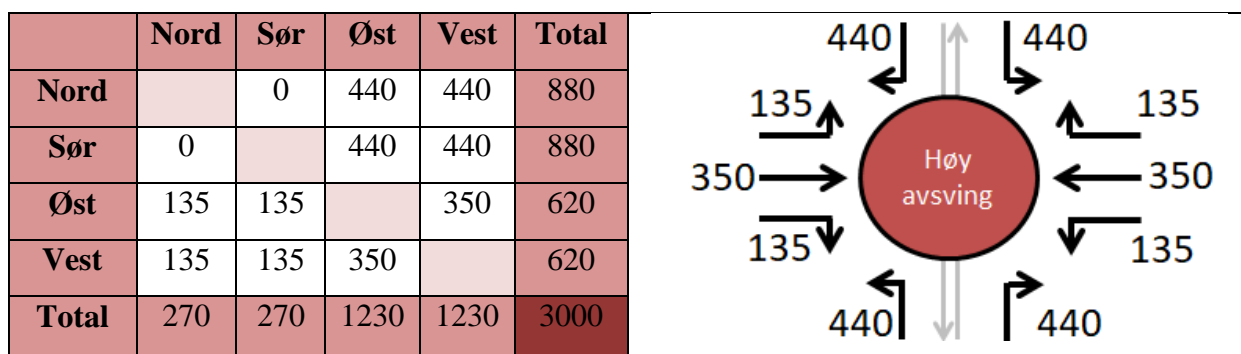
Figur 7.5.8: OD-matrise for lav trafikkbelastning (kjt/time)



Figur 7.5.9: OD-matrise for middels trafikkbelastning (kjt/time)



Figur 7.5.10: OD-matrise for høy trafikkbelastning (kjt/time)



Figur 7.5.11: OD-matrise for høy avsving (kjt/time)

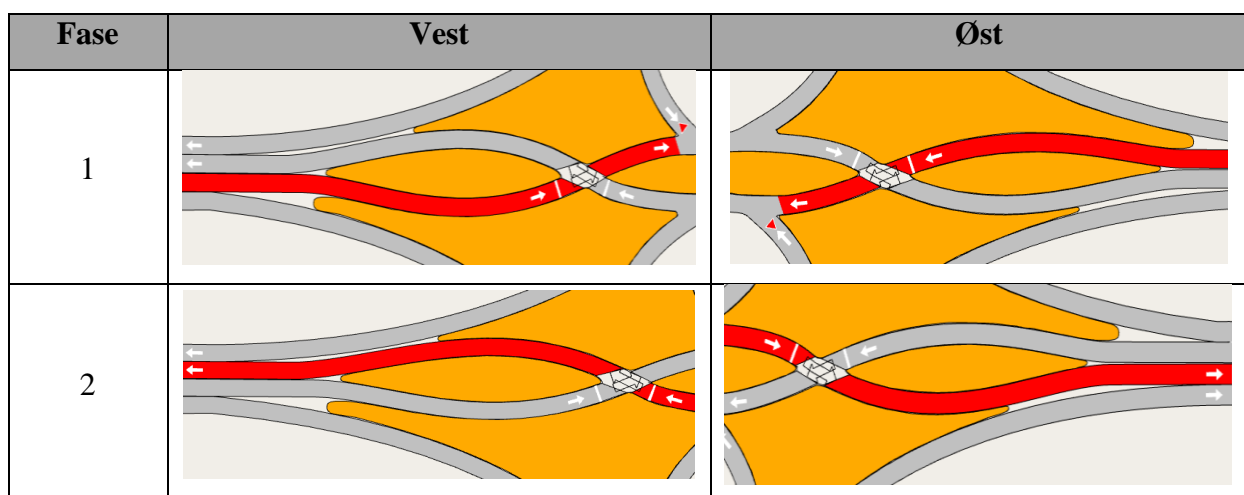
Destinasjonene *nord*, *sør*, *øst* og *vest* i OD-matrisene betegner sentroider i kryssområdet som de framkommer i Figur 7.5.1 og 7.5.2:

- Sentroide *Nord*: Anlegges ved nordre av- og påkjøringsrampe
- Sentroide *Sør*: Anlegges ved søndre av- og påkjøringsrampe
- Sentroide *Øst*: Anlegges til høyre for sidevegen
- Sentroide *Vest*: Anlegges til venstre for sidevegen

Betraktninger knyttet til signalregulering av DDI

Ulik trafikkbelastning setter ulike krav til signalregulering. I perioder med høy mye trafikk vil det være gunstig med lengre omløpstider for å sikre at kjøretøy avvikles i løpet av grønttiden. For å sammenligne ruterkrysset med signalregulert DDI, er det nødvendig å lage forslag til faseplan for de ulike belastningene. Websters metode benyttes for beregning av optimal omløpstid. Beregninger, antakelser og drøfting er å finne i Vedlegg L. Omløpstidene inneholder fordeling av effektiv grøntid og effektiv rødtid, og er vist i Tabell 7.5.4. Faseplaner som tilfredsstiller omløpstidene er illustrert i Figur 7.5.13 – 7.5.16.

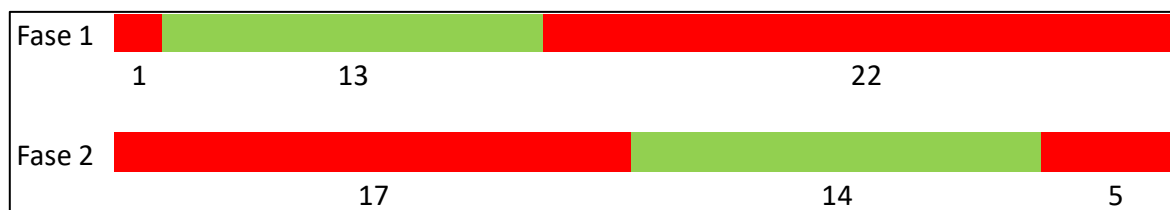
Fase 1 begynner samtidig i begge hovedkryss. Det samme gjelder fase 2, illustrert i Figur 7.5.12. Dette medfører at ingen av retningene favoriseres på bekostning av den andre, og anses som et hensiktsmessig utgangspunkt. Det ble forsøkt å forskyve fasene tilsvarende gjennomkjøringstiden mellom hovedkryssene, men det ble opplevd som vanskelig å finne en forskyvning som medførte at begge retningene ble tildelt lavere forsinkelse samtidig.



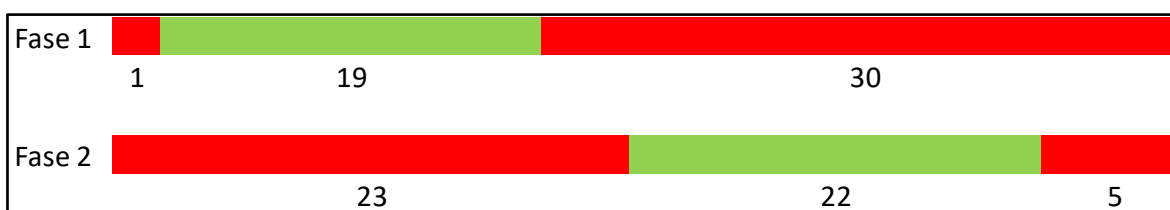
Figur 7.5.12: «Samkjøring» av signalfaser i vestre og østre hovedkryss

Tabell 7.5.4: Oppbygning av omløpstiden for ulike belastningsgrader

Fase	Omløpstid(s)	Effektiv grønn (s)	Effektiv rød (s)
Trafikkbelastning «lav»			
1	36	13	23
2		14	22
Trafikkbelastning «middels»			
1	50	19	31
2		22	28
Trafikkbelastning «høy»			
1	76	30	46
2		37	39
Trafikkbelastning «høy avsving»			
1	66	22	44
2		35	31



Figur 7.5.13: Faseplan for trafikkbelastning «lav»



Figur 7.5 14: Faseplan for trafikkbelastning «middels»



Figur 7.5.15: Faseplan for trafikkbelastning «høy»



Figur 7.5.16: Faseplan for trafikkbelastning «høy avsving»

Det kan virke rart at omløpstiden for scenario «høy avsving» er lavere enn for trafikkbelastning «høy». Dette skyldes at sidevegtrafikken er betraktelig redusert i førstnevnte, slik at hvert hovedkryss håndterer rundt 50 færre kjøretøy i timen. I tillegg medfører avrundingsreglene i Webster til at forskjellen forsterkes ytterligere.

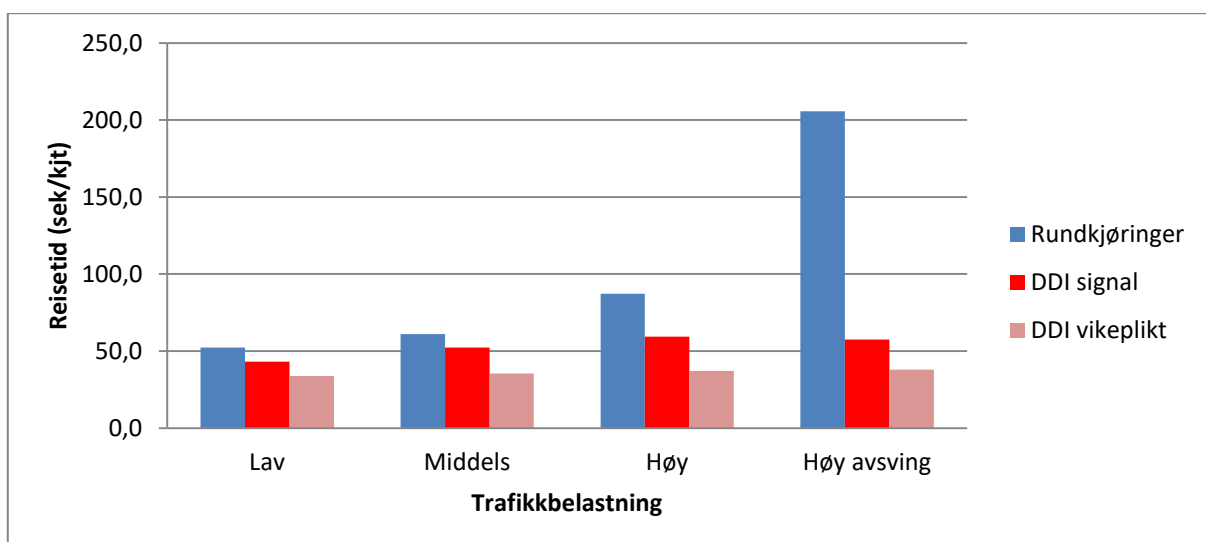
Resultater fra trafikksimulering

Analyse av relevante kjøretøybevegelser

Analysen betrakter parameterne reisetid og forsinkelse. Forsinkelse er direkte sammenlignbar, mens reisetiden avhenger av «Subpath»-distanse, i Tabell 7.5.3. For gjennomkjøring på sideveg er distansene tilnærmet like, mens for venstresving fra hovedveg og sideveg må disse betraktes med forsiktighet, ettersom disse bevegelsene i DDI gjøres over kortere distanser. Belastningen «høy avsving» bør ses på isolert fra øvrige belastninger, og er uthevet i teksten.

Venstresving fra hovedveg til sideveg

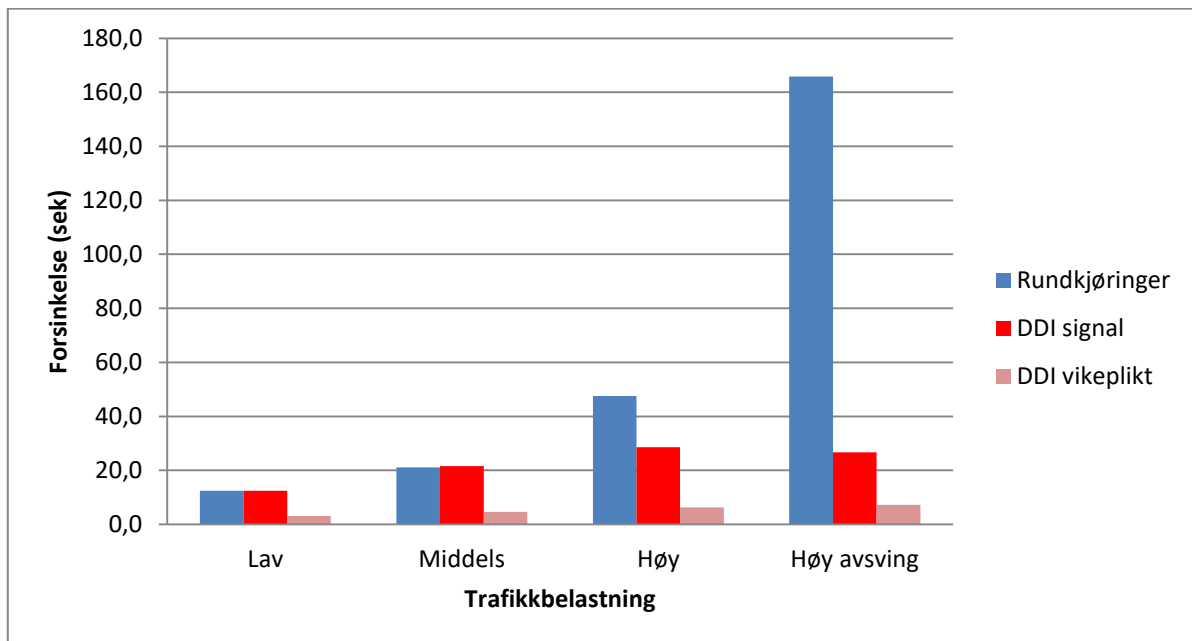
Bevegelsen er illustrert i Figur 7.5.3. Reisetid og forsinkelse er vist Figur 7.5.16 og 7.5.17.



Figur 7.5.16: Gjennomsnittlig reisetid for venstresving fra hovedveg til sideveg

Kommentarer til resultater

- Ved trafikkbelastning «lav» og «middels», er reisetiden noe lavere for signalregulert DDI enn ruterkryss med rundkjøringer. Ved trafikkbelastning «høy», reduserer signalregulert DDI reisetiden med rundt 30 %.
- Vikepliktsregulert DDI har gjennomgående lav reisetid, uavhengig av belastning. Det er enkelt for venstresvingende kjøretøy fra motorvegen å finne ledig luke, ettersom kjøretøy på sidevegen må vike i hovedkrysset for motgående trafikk. Videre kjører bevegelsen med forkjørsrett gjennom hovedkrysset.
- **Høy avsving:** Som følge av kø på avkjøringsrampen, opplever ruterkrysset lang reisetid. Sammenlignet med ruterkryss, reduserer signalregulert- og vikepliktsregulert DDI reisetid med henholdsvis 70 og 80 %.



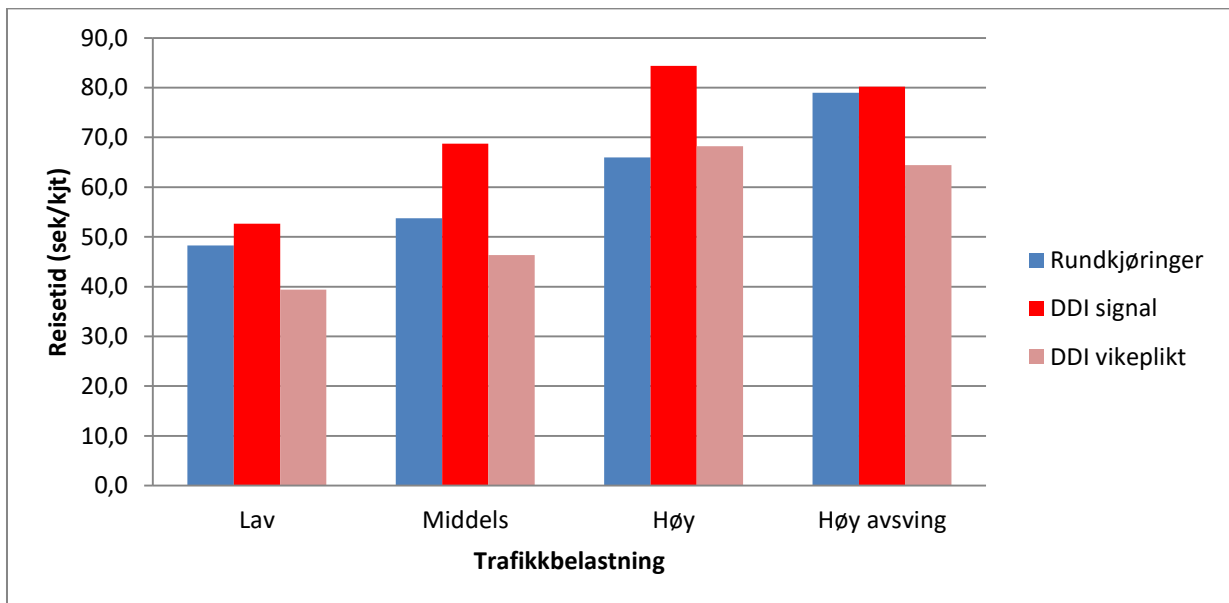
Figur 7.5.17: Gjennomsnittlig forsinkelse for venstresving fra hovedveg til sideveg

Kommentarer til resultater

- Ved «lav» og «middels» trafikk har signalregulert DDI identisk forsinkelse som ruterkrysset. Ved trafikkbelastning «høy» er forsinkelsen redusert med ca. 40 %.
- Vikepliktsregulert DDI opplever lite forsinkelse, uavhengig av trafikkbelastning.
- **Høy avsving:** Ved mye avsvingende trafikk medfører signalregulert DDI rundt 80 % reduksjon i forsinkelse, sammenlignet med ruterkrysset.

Gjennomkjøring på sideveg

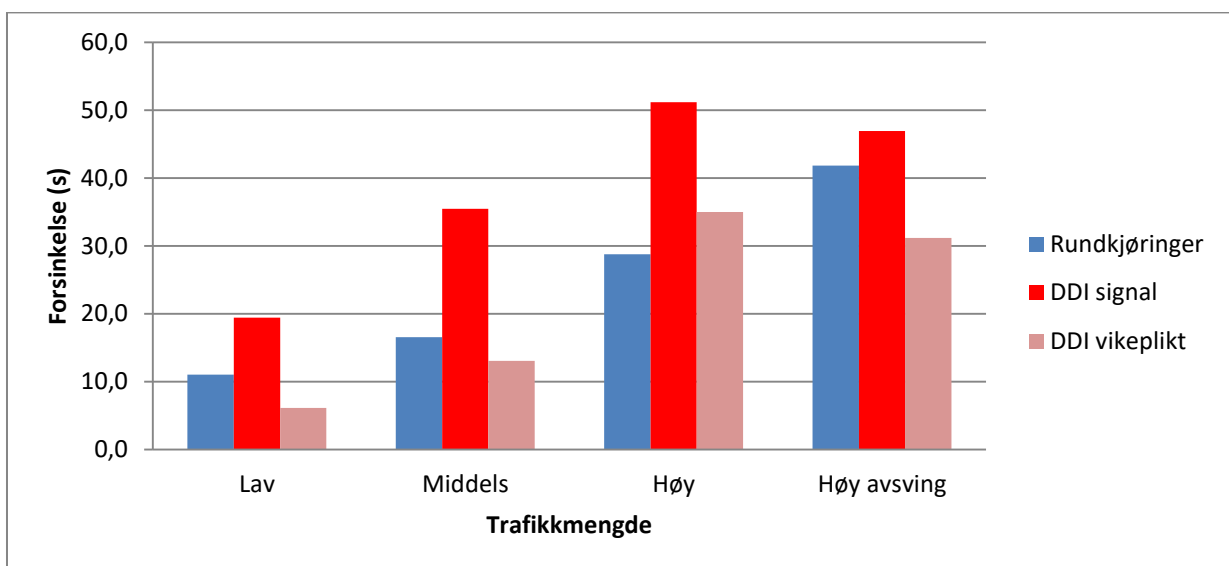
Bevegelsen er illustrert i Figur 7.5.4. Reisetid og forsinkelse er vist i Figur 7.5.18 og 7.5.19.



Figur 7.5.18: Gjennomsnittlig reisetid ved gjennomkjøring langs sideveg

Kommentarer til resultater

- For trafikkmengder «lav», «middels» og «høy» opplever signalregulert DDI høyere reisetid enn motpartene.
- For alle trafikkmengder opplever vikepliktsregulert DDI lavest reisetid.



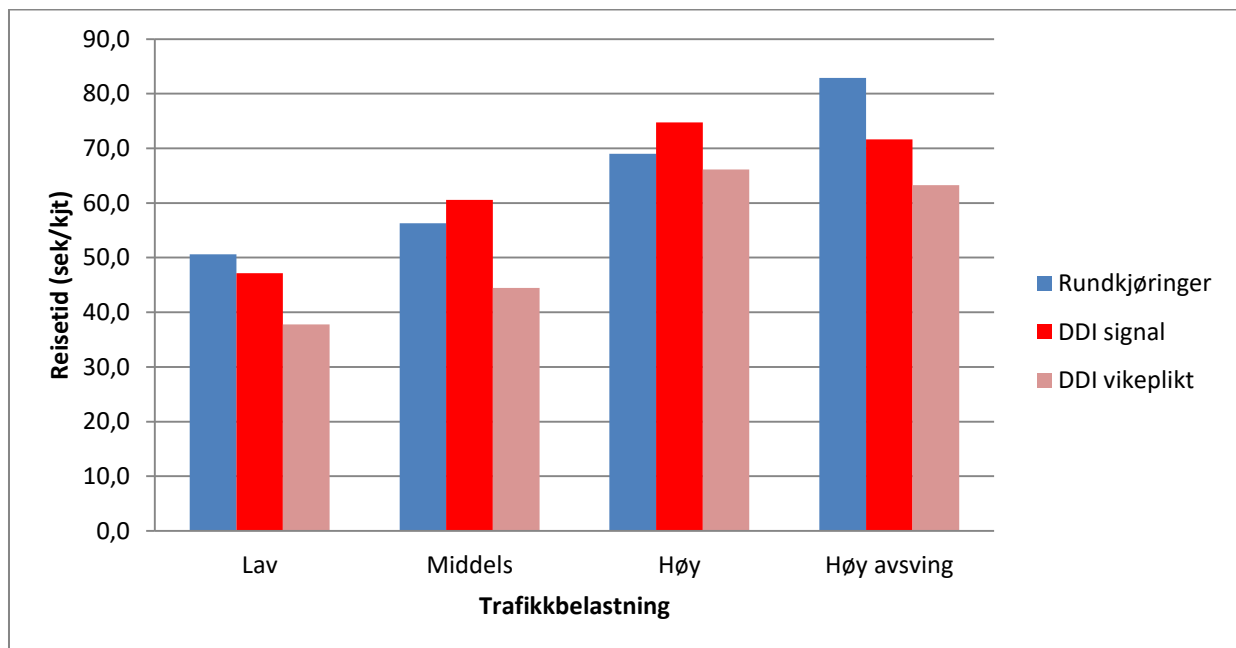
Figur 7.5.19: Gjennomsnittlig forsinkelse for gjennomkjøring langs sideveg

Kommentarer til resultater

- Signalregulert DDI har størst forsinkelse, for alle belastningstilfeller.
- Krysset med minst forsinkelse varierer som funksjon av belastning. Ved «lav» og «middels» trafikk opplever vikepliktsregulert DDI minst forsinkelse. Lite gjennomkjørende sidevegstrafikk (i begge retninger) gjør det enkelt for kjøretøy i å finne ledig luke i hovedkryssene.
- Ved «høy» trafikkbelastning har rundkjøringsregulert ruterkryss minst forsinkelse.
- **Høy avsving:** Signalregulert DDI får stor forsinkelse på sideveg, ettersom kømagasinet på broen fylles opp av venstresvingende kjøretøy fra hovedveg under rødtiden, slik at kjøretøy på sideveg ikke avvikles i løpet av grønttiden

Venstresving fra sideveg

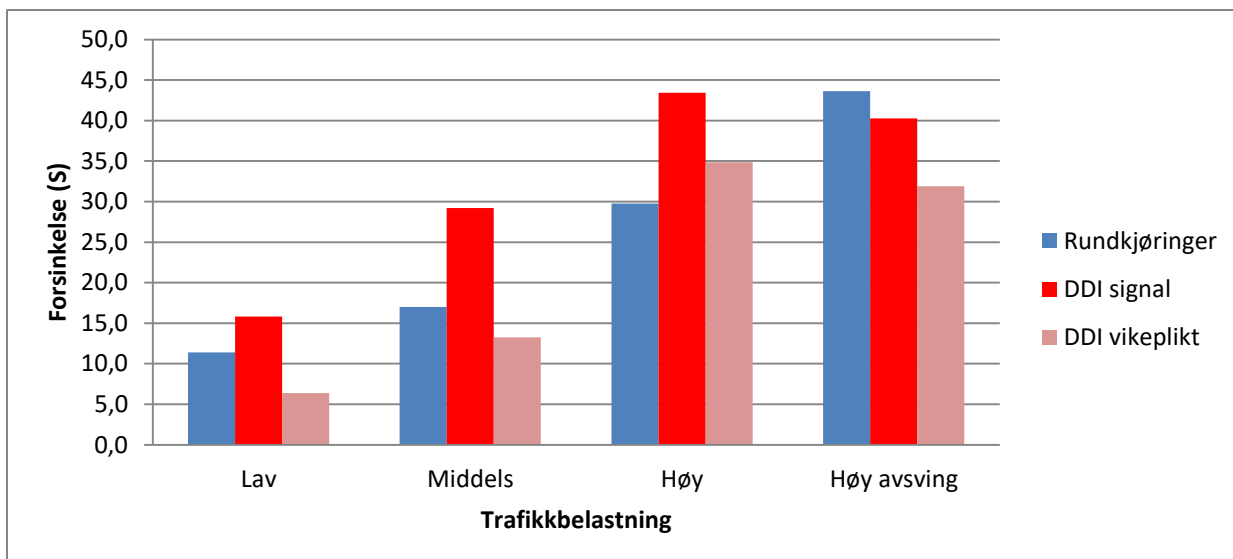
Bevegelsen er illustrert i Figur 7.5.5. Reisetid og forsinkelse er vist i Figur 7.5.20 og 7.5.21.



Figur 7.5.20: Gjennomsnittlig reisetid per kjøretøy ved venstresving fra sideveg

Kommentarer til resultater

- Reisetiden for signalregulert DDI og ruterkryss er ganske like for alle trafikkmengder, unntatt for «høy avsving».
- Vikepliktsregulert DDI medfører kortest reisetid i alle scenarier.



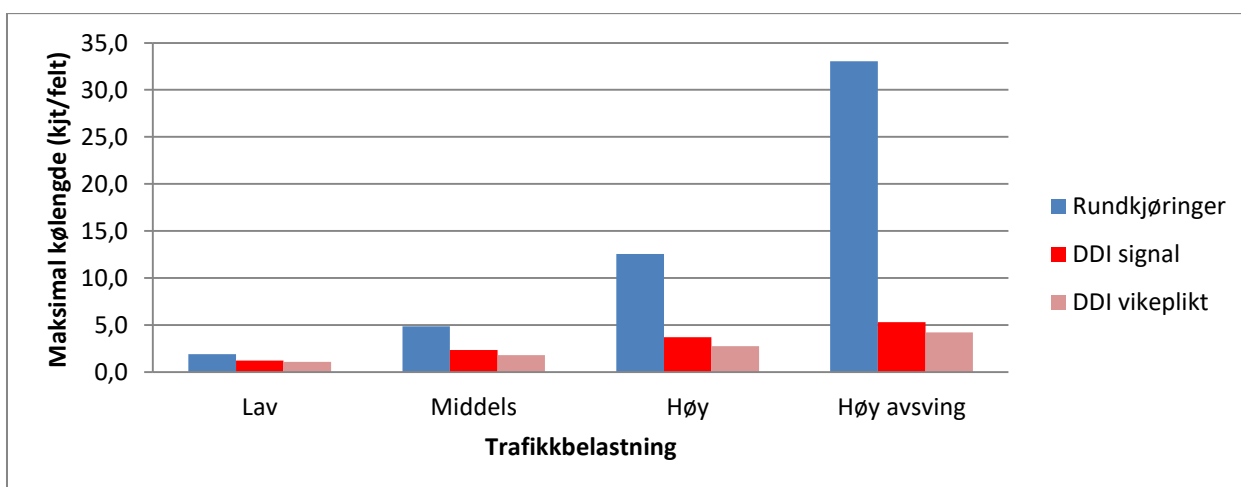
Figur 7.5.21: Gjennomsnittlig forsinkelse per kjøretøy ved venstresving fra sideveg

Kommentarer til resultater

- Ved «lav», «middels» og «høy» trafikkbelastning fungerer signalregulert DDI dårlig. Kjøretøy som ankommer signalregulert DDI på ugunstig tidspunkt, må vente lenge.
- Vikepliktsregulert DDI medfører lavest forsinkelse i alle scenarioer.
- **Høy avsving:** Ruterkryss opplever størst forsinkelse. Signalregulert DDI er litt bedre.

Analyse av kølengde på rampe

For å analysere køutviklingen på avkjøringsrampen, illustrert i Figur 7.5.6, analyseres gjennomsnittsverdien for parameteren «maksimal kølengde». Resultatet er vist i Figur 7.5.22.



Figur 7.5.22: Gjennomsnitt av «maksimal kølengde» på avkjøringsrampen

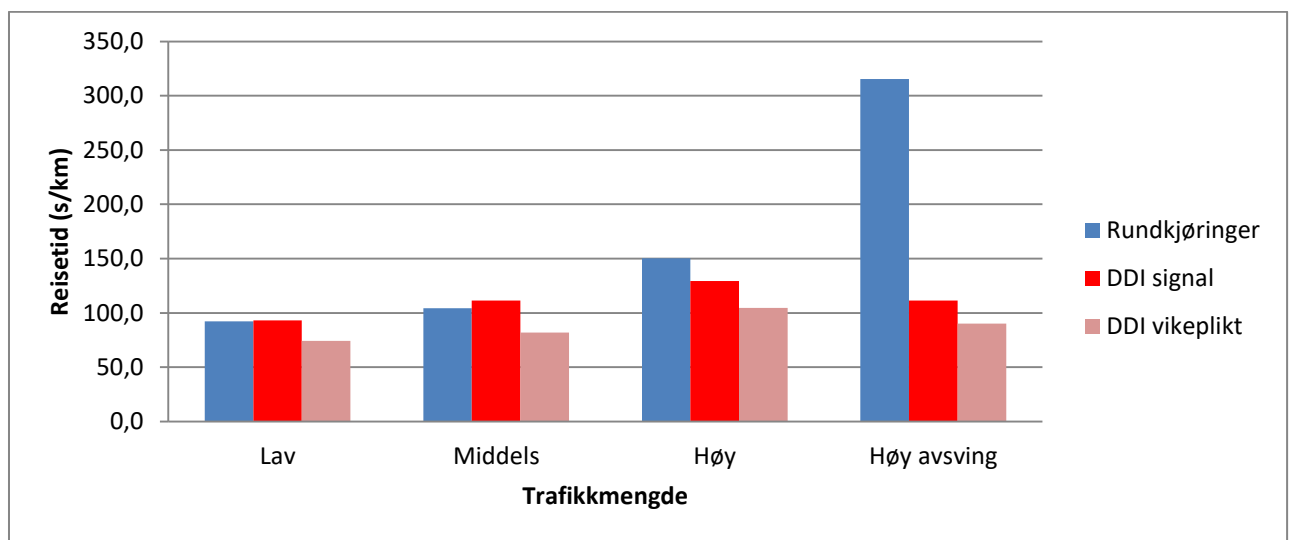
Kommentarer til resultater

- Begge DDI-kryss reduserer kølengden på avkjøringsrampen for alle trafikkmengder. Forskjellen er spesielt markant for belastning «høy avsving, med ca. 85 % reduksjon.

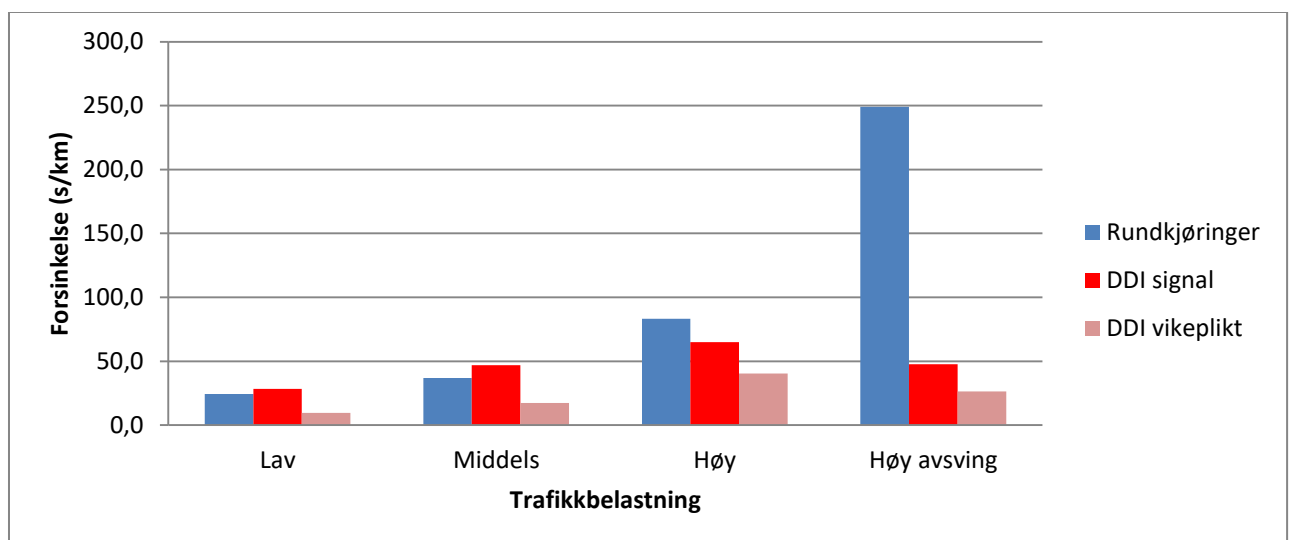
Totalanalyse av kryssmodellene

Målet med totalanalysen er å kartlegge de samlede forskjellene mellom kryssene. Analysen betrakter reisetid, forsinkelse og CO₂-utslipp. Resultater er vist i Figur 7.5.23 – 7.5.25.

Trafikkavviklingsdata



Figur 7.5.23: Gjennomsnittlig reisetid per kjøretøy per kilometer



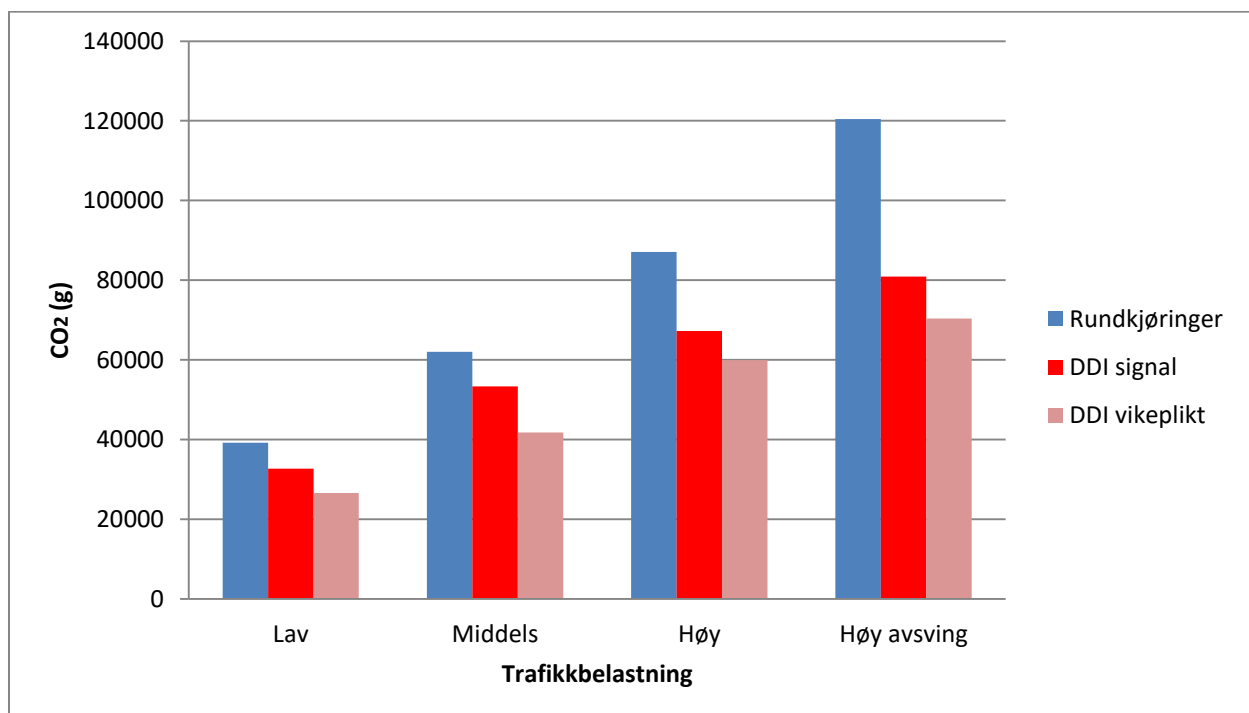
Figur 7.5.24: Gjennomsnittlig forsinkelse per kjøretøy per kilometer

Kommentarer til resultater

- Reisetid og forsinkelse viser samme trender.
- Ved «lav» belastning presterer signalregulert DDI på samme nivå med ruterkrysset.
- Jo høyere trafikkbelastning, desto bedre presterer DDI-kryssene i forhold til ruterkrysset. Dette er spesielt gjeldende for «høy avsving».
- Vikepliktsregulert DDI gjør det best på alle belastningsnivåer

Utslippsdata

Kun utslipp av CO₂ er vist. NO_x følger samme trend.



Figur 7.5.25: Totalt CO₂-utslipp i kryssmodellene

Kommentarer til resultater

- Ved alle belastningsgrader har både vikeplikts- og signalregulert DDI betraktelig mindre utslipp enn konvensjonelt ruterkryss. Dette vil si at kryssene kan håndtere større trafikkmengder for samme utslippsnivå.

Oppsummering av trafikkanalyse for DDI-kryss

Venstresvingen synes å bli forenklet, og avvikles langt bedre i trafikkerte DDI-kryss enn i ruterkryss. For signalregulert DDI skyldes forenklingen at trafikken på sidevegen føres på motsatt side av broen, slik at venstresvingen kan avvikles både ved rødtid i hovedkrysset, samt ved ledig luke. I vikepliktsregulert DDI oppnås enda bedre resultater ved at kjøretøy oppstrøms hovedkrysset må vike for motgående kjøreretning. Dette resulterer i gode avviklingsforhold for venstresvingen. Utslippstall tyder på en reduksjon i både CO₂ og NO_x.

Sammenlignet med ruterkryss, medfører DDI-løsningene en reduksjon i sannsynligheten for kødannelse på avkjøringsrampen. Dette går på litt bekostning av avviklingskvaliteten på sidevegen, slik at noe av køen «overføres» hit. Det kan også sies å være «misforstått» at konvensjonelle ruterkryss med rundkjøringer favoriserer sidevegtrafikken på bekostning av avkjøringsrampen. Samme kølengde på sideveg vil medføre mindre fare, grunnet lavere fartsnivå.

Signalregulert DDI-kryss kan være en løsning å foretrekke i områder med stor trafikkmengde. Ruterkryss presterer like godt ved lavere trafikkmengder. Vikepliktsregulert DDI gir forbausende gode avviklingsresultater, slik at denne løsningen kan absolutt være å foretrekke. Det bør utredes hvorvidt det er forsvarlig å regulere hovedkryssene med vikeplikt. Dersom dette viser seg å fungere i praksis, kan en vikepliktsregulert DDI være en god løsning. Resultatet er også betryggende for tilfeller der signalanlegg i DDI-krysset er ute av drift.

7.6 Trafikksikkerhet

Vurderingen av trafikksikkerhet for DDI-krysset består av 10 deler. Vurdering er basert på kvantifiserbare egenskaper og sammenligning med løsningen som krysset tenkes å erstatte. Her vurderes utforming, trafikantoppførsel og faren for misforståelser.

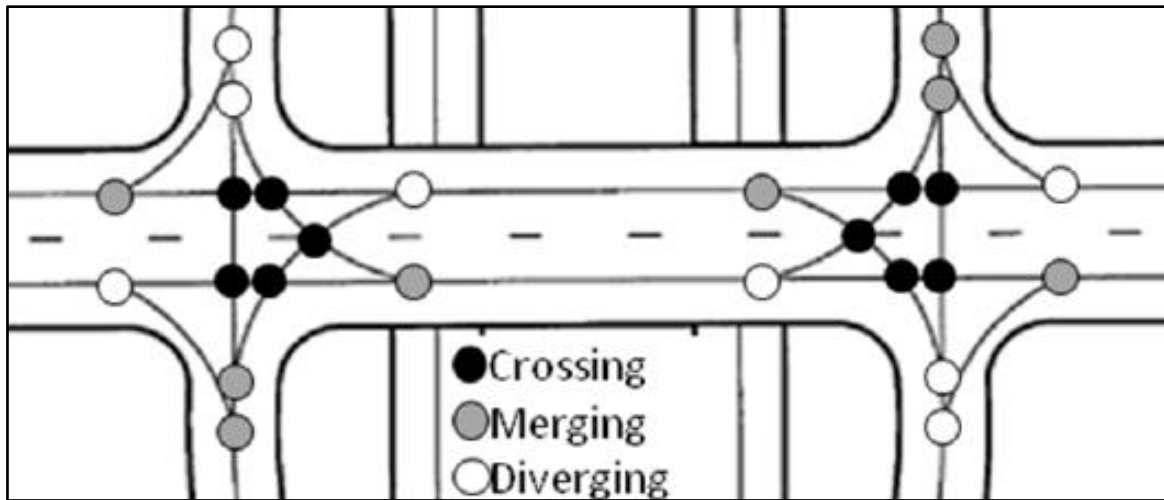
1. Hensikt med utredningen
2. Trafikksikkerhetsbetraktninger fra tidligere anlegg
3. Hovedutfordringen med ruterkryss regulert med rundkjøringer
4. Sammenligning av antall konfliktpunkter
5. Sikkerhetsbetraktning ved forandrede kjøretøybevegelser
6. Sikt for tilfarer i signalregulert DDI
7. Valg knyttet til krysningsvinkel i hovedkryssene
8. Betraktninger knyttet til vikepliktsregulert DDI-kryss
9. Risikoanalyse for nedskalert DDI
10. Samlet trafikksikkerhetsvurdering for signalregulert DDI

Hensikt med utredningen

Hensikten med utredningen er å kartlegge fordelene og ulempene med den foreslåtte utformingen av DDI-kryss med signalregulerte og vikepliktsregulerte hovedkryss. Utredningen diskuterer elementer som krysningsvinkel, skilt for ulike tilfarer og mulige utfordringer knyttet til trafikantforståelse. Utredningen veier løsningene opp mot det tradisjonelle ruterkrysset med rundkjøringer.

Trafikksikkerhetsbetraktninger fra tidligere anlegg

Det finnes i overkant av 100 DDI-kryss bygget i verden, hvorav de fleste av disse er i USA (Wikipedia Contributors, 2018). Erfaringer fra disse kryssene framkommer i (Hughes et al., 2010, s. 253 – 254). Utredningen av trafikksikkerheten i rapporten sammenligner DDI med signalregulerte ruterkryss, som er den konvensjonelle løsningen for slike kryss i USA. Denne krysstypen er illustrert i Figur 7.6.1, og inneholder totalt 26 konfliktpunkter; 8 konvergerende, 10 kryssende og 8 divergerende.



Figur 7.6.1: Konfliktpunkter i signalregulert ruterkryss (Hughes et al., 2010, s. 253)

Rapporten poengterer at den største faren ved implementering av kryssene, har vært muligheten for at forvirrede førere kan foreta utilsiktede svingebevegelser over i motgående kjøreretning, særlig ved kjøring i hovedkrysset. Trafikanter er vant med å holde til høyre, og en endring av denne fundamentale regelen kan medføre misforståelser. FHWA utførte dermed en simulortest med 74 deltakere, hvor deltakerne kjørte gjennom DDI-krysset og det konvensjonelle signalregulerte ruterkrysset 6 ganger hver (Bared et al., 2007). Følgende variabler ble evaluert:

- Kjøring i motgående kjørebane
- Navigasjonsfeil
- Kjøring på rødt lys
- Uriktig valg av fart i forhold til signalreguleringens «grønne bølge»

Studien fant ingen statistisk signifikant forskjell for parameterne sammenlignet med kjøring i signalregulert ruterkryss. For øvrig finnes det lite kvantitative data vedrørende trafikk-sikkerheten i slike kryss, ettersom de fleste er bygget såpass nylig at det ikke finnes tilstrekkelig data til å utføre gode før- og etteranalyser av kollisjonsfrekvens og skadegrad.

Det er ikke funnet direkte sammenligning av trafikk-sikkerhet mellom DDI-kryss og ruterkryss regulert av rundkjøringer. Dette arbeidet forsøker dermed å poengtere forhold som skiller disse krysstypene.

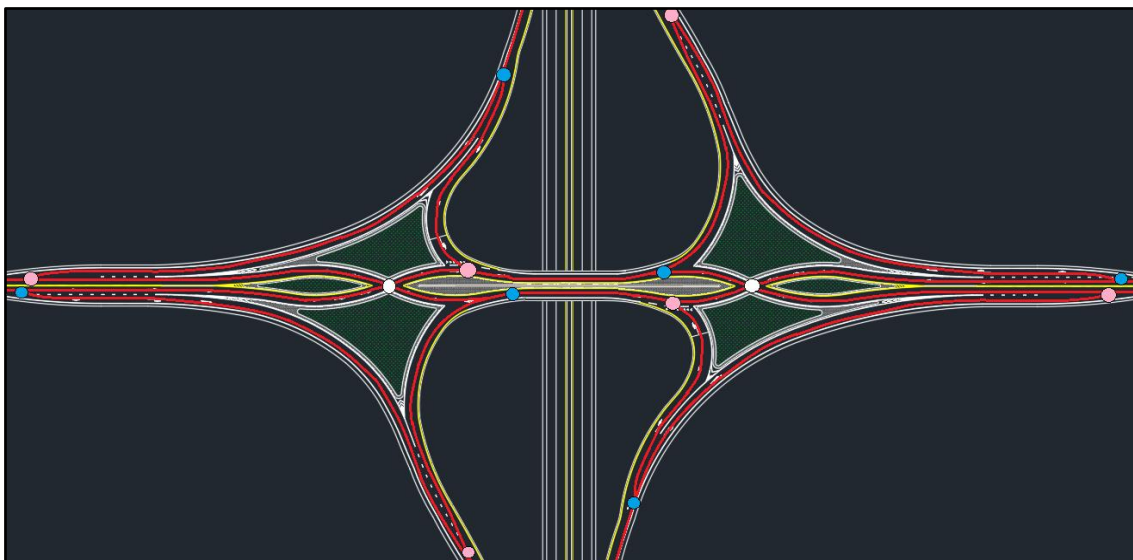
Hovedutfordringen med ruterkryss regulert med rundkjøringer

Stort sett er ruterkryss med rundkjøringer meget trafiksikre. Rundkjøring er en «ryddig» og fleksibel kryssløsning som tvinger farten ned, og kanaliserer trafikken slik at vikende kjøretøy kun behøver å forholde seg til én trafikkstrøm. Dersom uhellet er ute, forekommer ulykkene i lav fart og med slake kollisjonsvinkler. Dette medfører at ulykkene typisk har lav skadegrad.

Ulempen med kryssløsningen framkommer imidlertid når den utsettes for «skjev» belastning. I slike tilfeller bidrar rundkjøringene til at sidevegtrafikk prioriteres på bekostning av avkjørende motorveg, slik at sistnevnte blir stående og vike på rampen. Dette kan resultere i køforplantning på avkjøringsrampen. I ytterste konsekvens kan køen forplante seg ned til motorvegen og medføre farlige interaksjoner med motorvegtrafikk.

Sammenligning av antall konfliktpunkter

Konfliktpunktene i DDI og i ruterkryss med rundkjøringer er vist henholdsvis i Figur 7.6.2 og 7.6.3, og kategorisert i Tabell 7.6.1.



Figur 7.6.2: Konfliktpunkter i DDI-krysset



Figur 7.6.3: Konfliktpunkter i ruterkryss regulert av rundkjøringer

Tabell 7.6.1: Sammenstilling av konfliktpunkter for DDI og ruterkryss

	Konvergerende	Kryssende	Divergerende	Totalt
Nedskalert DDI-kryss	6	2	6	14
Ruterkryss	6	0	6	12

Rundkjøringene i ruterkrysset bidrar til «konsentrasjon» av konfliktpunktene over et mindre samlet areal enn i DDI-krysset. DDI bidrar således til en reduksjon av antall samtidige konflikter. Denne løsningen har imidlertid to kryssende konflikter, i hovedkryssene. Disse finnes ikke i ruterkrysset. Resterende konfliktpunkter forekommer over relativt store avstander, og med relativt små hastighetsforskjeller mellom trafikkstrømmene.

Sikkerhetsbetraktning ved forandrede kjøretøybevegelser

Konsekvensene for trafiksikkerhet kan kartlegges på bakgrunn av endrede kjøretøybevegelser i DDI-kryssene. En oversikt over mulige svingebevegelser i kryssene er vist i Tabell 7.6.2. Her beskrives bevegelser som endres i den alternative utformingen. Endrede bevegelser gjennomgås separat.

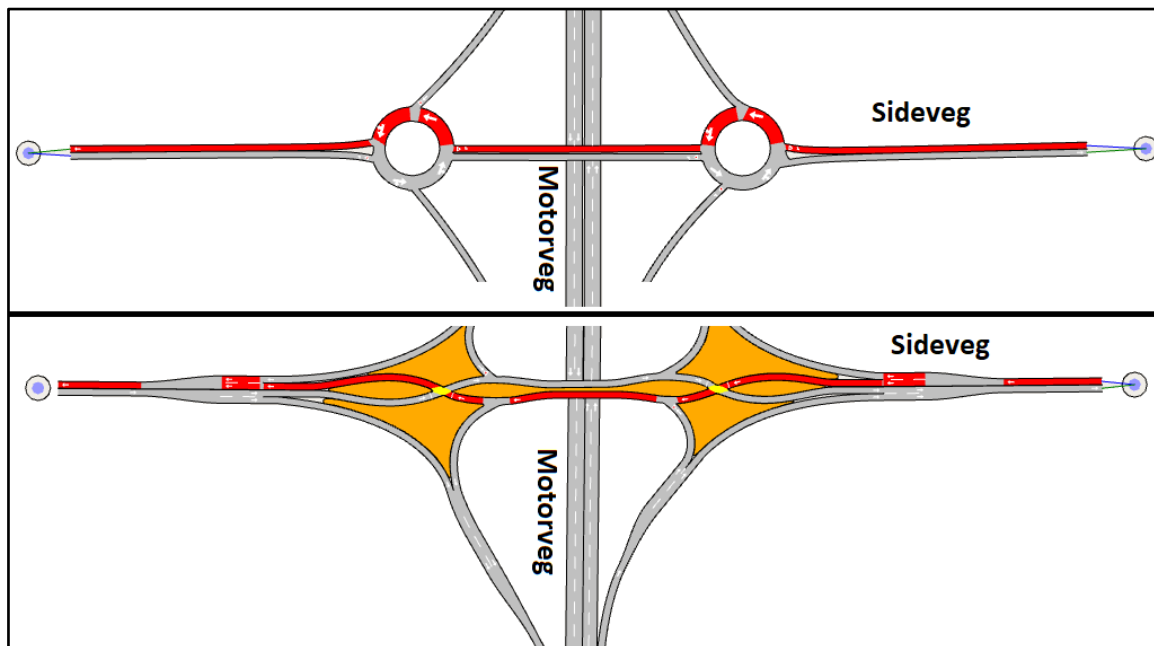
Tabell 7.6.2: Gjennomgang av svingebevegelser i DDI

Svingebevegelse	Fra	Til	Utførelse i DDI-kryssene i forhold til rundkjøringsregulert ruterkryss
Gjennomkjøring på sideveg	Øst	Vest	Endret
	Vest	Øst	
Høyresving fra sideveg	Vest	Sør	Endret
	Øst	Nord	
Venstresving fra sideveg	Øst	Sør	Endret
	Vest	Nord	
Venstresving fra motorveg	Sør	Vest	Endret
	Nord	Øst	
Høyresving fra motorveg	Sør	Øst	Endret
	Nord	Vest	

Ettersom DDI-krysset er symmetrisk, er det kun nødvendig å diskutere én av hver bevegelse. Bevegelser i gult i tabellen omtales i gjennomgangen.

Gjennomkjøring på sideveg

Bevegelsen er illustrert i Figur 7.6.4, og diskuteres i Tabell 7.6.3.



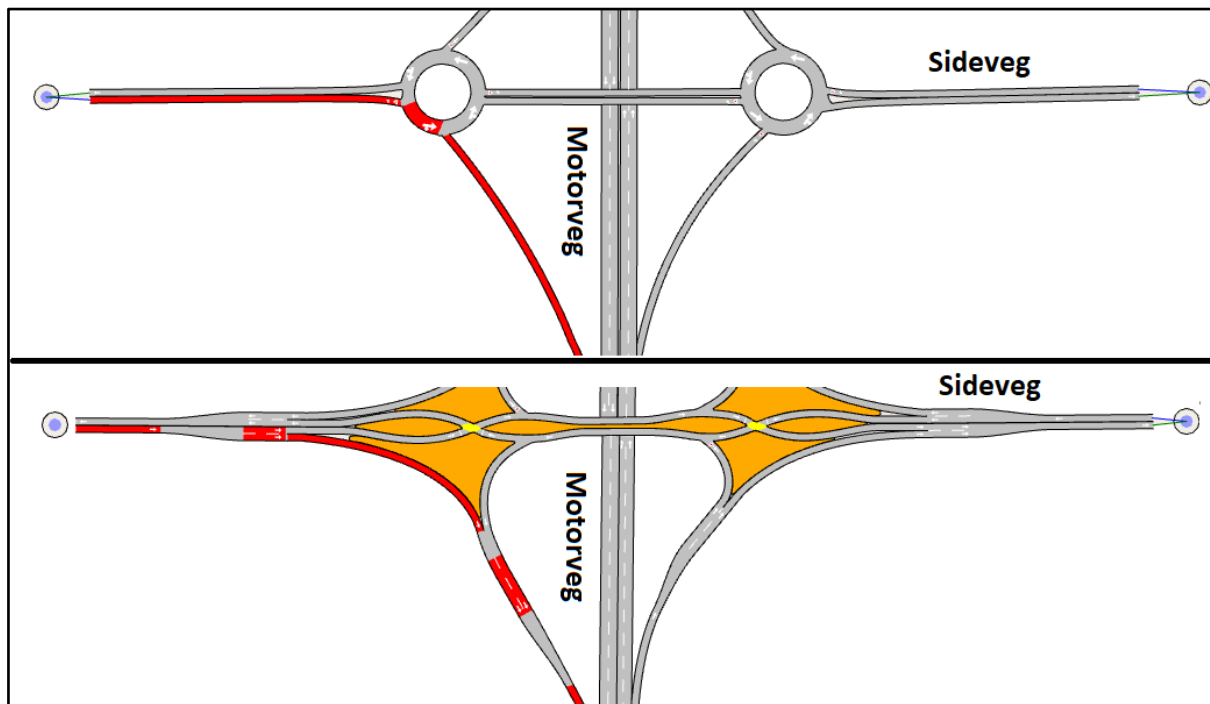
Figur 7.6.4: Gjennomkjøring på sideveg (Ø-V)

Tabell 7.3.6: Diskusjon av gjennomkjøring på sideveg

Ruterkryss	DDI
<p>Sikkerhetsutfordring(er):</p> <ul style="list-style-type: none">• Bevegelsen anses som trygg <p>Sikkerhetsfordel(er):</p> <ul style="list-style-type: none">• Lav fart og slake kollisjonsvinkler• Bevegelsen har lav risiko for førerfeil	<p>Sikkerhetsutfordring(er):</p> <ul style="list-style-type: none">• Uvant kjøremåte. Kan skape usikkerhet• Risiko for kjøring i motgående tilfart i hovedkrysset• Det utføres to krysninger av motgående kjøreretning. Dette gir konfliktpunkter med relativt ugunstige kollisjonsvinkler.• Dersom signalanlegg i signalregulert DDI er ute av drift, skapes uvant vikepliktsituasjon for trafikantene i krysset. <p>Sikkerhetsfordel(er):</p> <ul style="list-style-type: none">• Konfliktene spres over større avstand

Høyresving fra sideveg

Bevegelsen er illustrert i Figur 7.6.5, og diskuteres i Tabell 7.6.4.



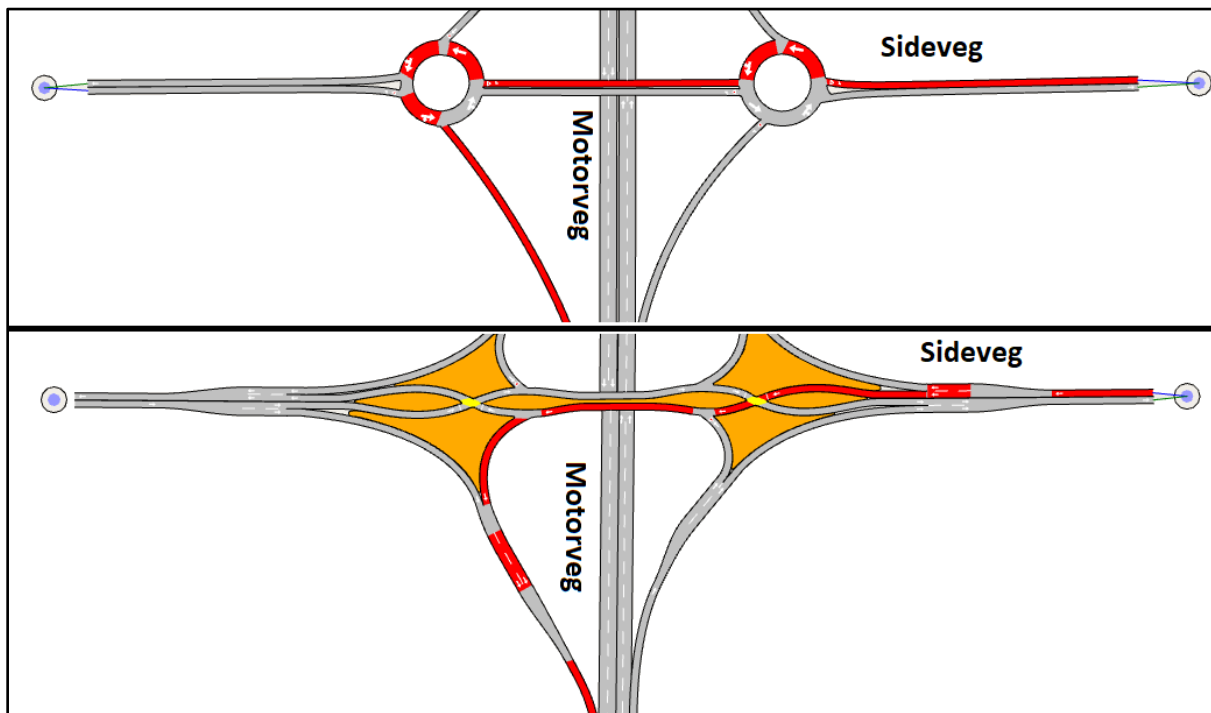
Figur 7.6.5: Høyresving fra sideveg (V-S)

Tabell 7.6.4: Diskusjon av høyresving fra sideveg

Ruterkryss	DDI
<p>Sikkerhetsutfordring(er):</p> <ul style="list-style-type: none">• Bevegelsen anses som trygg <p>Sikkerhetsfordel(er):</p> <ul style="list-style-type: none">• Bevegelsen inneholder få konflikter. Disse er trygge og har lav risiko for førerfeil• Bevegelsen er godt kjent for norske trafikanter• Lav fart og slake kollisjonsvinkler	<p>Sikkerhetsutfordring(er):</p> <ul style="list-style-type: none">• Separat høyresvingefelt for sidevegtrafikk i DDI: Mulighet for høy fart inn i flettefeltet <p>Sikkerhetsfordel(er):</p> <ul style="list-style-type: none">• Egne avsvingefelt skiller bevegelsene og reduserer interaksjoner som ellers ville skjedd i rundkjøring• God sikt før fletting. Kjøretøy kjører «mot hverandre» i et godt stykke, og kan avpasse farten deretter.• Lik mengde konfliktpunkters om i ruterkrysset, men konfliktene spres over større avstand.

Venstresving fra sideveg

Bevegelsen er illustrert i Figur 7.6.6, og diskuteres i Tabell 7.6.5.



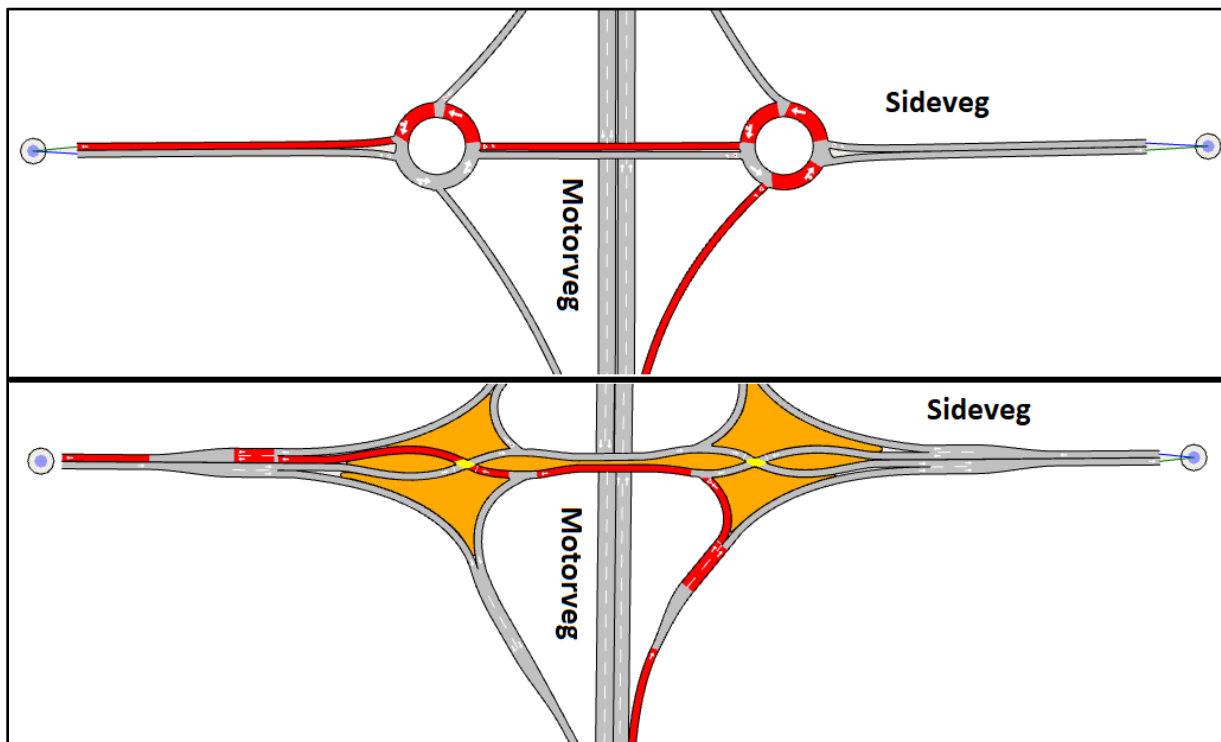
Figur 7.6.6: Venstresving fra sideveg (Ø-S)

Tabell 7.6.5: Diskusjon av venstresving fra sideveg

Ruterkryss	DDI
<p>Sikkerhetsutfordring(er):</p> <ul style="list-style-type: none">• Bevegelsen anses som trygg <p>Sikkerhetsfordel(er):</p> <ul style="list-style-type: none">• Bevegelsen er godt kjent for norske trafikanter, og har lav risiko for førerfeil• Lav fart og slake kollisjonsvinkler	<p>Sikkerhetsutfordring(er):</p> <ul style="list-style-type: none">• Uvant kjøremåte. Kan skape usikkerhet• Risiko for kjøring i motgående tilfart i hovedkrysset• Det utføres én krysning av motgående kjøreretning. Skaper konfliktpunkt med ugunstig kollisjonsvinkel.• Ellers like utfordringer som ved «diskusjon av gjennomkjøring på sideveg» <p>Sikkerhetsfordel(er):</p> <ul style="list-style-type: none">• Konfliktene spres over større avstand• Enkel fletteprosess med høyresvingende sidevegtrafikk i motgående retning. God sikt.

Venstresving fra motorveg

Bevegelsen er illustrert i Figur 7.6.7, og diskuteres i Tabell 7.6.6.



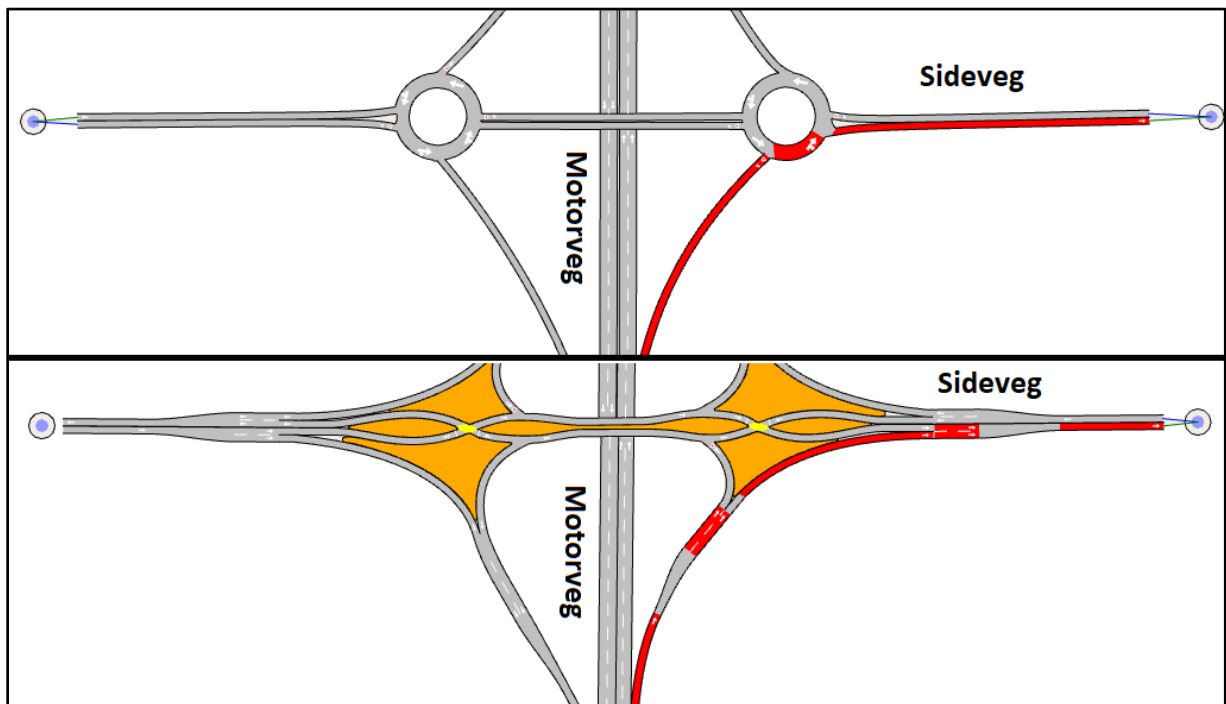
Figur 7.6.7: Venstresving fra motorveg (S-V)

Tabell 7.6.6: Diskusjon av venstresving fra motorveg

Ruterkryss	DDI
<p>Sikkerhetsutfordring(er):</p> <ul style="list-style-type: none">• Bevegelsen innebærer 8 konfliktpunkter (4 konvergens og 4 divergens) <p>Sikkerhetsfordel(er):</p> <ul style="list-style-type: none">• Relativt trygge konflikter. Lav risiko for førerfeil• Bevegelsen er godt kjent for norske trafikanter• Lav fart og slake kollisjonsvinkler	<p>Sikkerhetsutfordring(er):</p> <ul style="list-style-type: none">• Uvant kjøremåte. Kan skape usikkerhet• Risiko for kjøring i motgående tilfart i hovedkrysset• Det utføres én krysning av motgående kjøreretning. Skaper konfliktpunkt med ugunstig kollisjonsvinkel <p>Sikkerhetsfordel(er):</p> <ul style="list-style-type: none">• Bevegelsen har færre konflikter, og disse spres over større avstand, slik at disse oppstår separat.• Relativt enkelt å finne ledig luke ved vikelinjen

Høyresving fra motorveg

Bevegelsen er illustrert i Figur 7.6.8, og diskuteres i Tabell 7.6.7.



Figur 7.6.8: Høyresving fra motorveg S-Ø)

Tabell 7.6.7: Diskusjon av høyresving fra motorveg

Ruterkryss	DDI
<p>Sikkerhetsutfordring(er):</p> <ul style="list-style-type: none">• Bevegelsen innebærer 2 konfliktpunkter (1 konvergens og 1 divergens) <p>Sikkerhetsfordel(er):</p> <ul style="list-style-type: none">• Bevegelsen inneholder svært få konflikter. Disse er trygge og har lav risiko for førerfeil• Kjent bevegelse• Lav fart og avbøyde kollisjonsvinkler	<p>Sikkerhetsutfordring(er):</p> <ul style="list-style-type: none">• Fare for høy fart inn på flettestrekning <p>Sikkerhetsfordel(er):</p> <ul style="list-style-type: none">• Egne avsvingefelt for motorvegtrafikk skiller høyre- og venstresving, og reduserer interaksjoner som ellers ville skjedd i rundkjøring• Konfliktene spres over større avstand• God sikt før fletting langs påkjøringsrampen.• Fletting ved påkobling til sideveg. I flettefeltet har kjøretøyene relativt lik hastighet og slak kollisjonsvinkel.

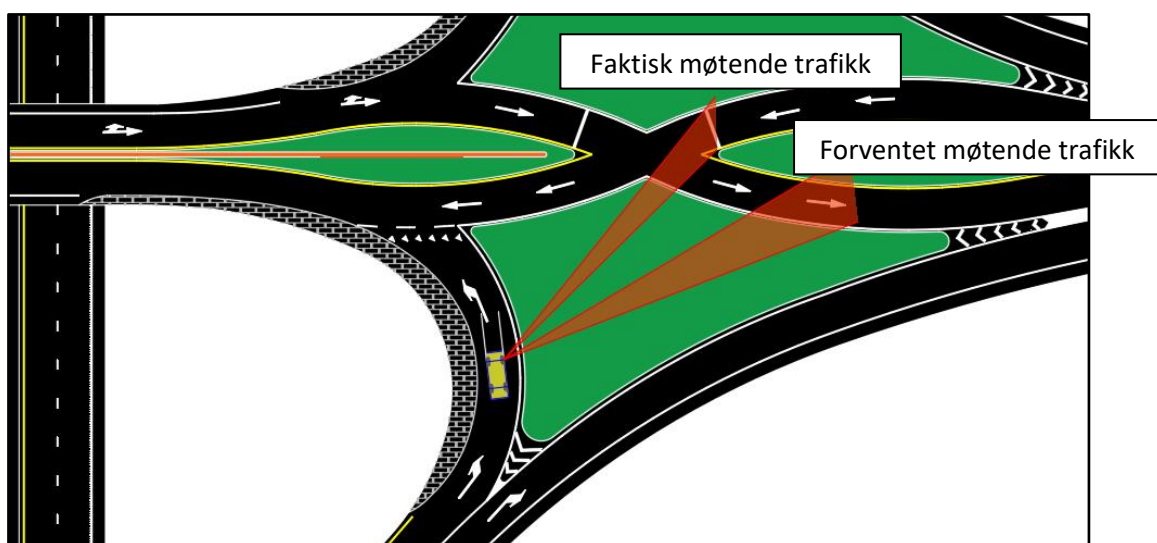
Sikt for tilfarter i signalregulert DDI

Ettersom DDI innebærer forandret kjøremønster, bør sikten vurderes. I motsetning til ruterkryss med rundkjøringer, hvor alle tilfartene har god sikt og intuitive kjøremønstre, er sikten i DDI avhengig av hvor trafikanten befinner seg.

Det ønskes i utgangspunktet god sikt til alle kjøretøy i kryss. I DDI kan det endrede kjøremønsteret imidlertid medføre et ønske om å *redusere* sikt til kjøretøystrømmer som ikke inngår i direkte konflikt. Det kan vurderes å bruke ulike virkemidler for å øke trafikantens oppfatning av hvilke trafikkstrømmer som er viktige å forholde seg til.

Sikt for venstresvingende motorvegtrafikk

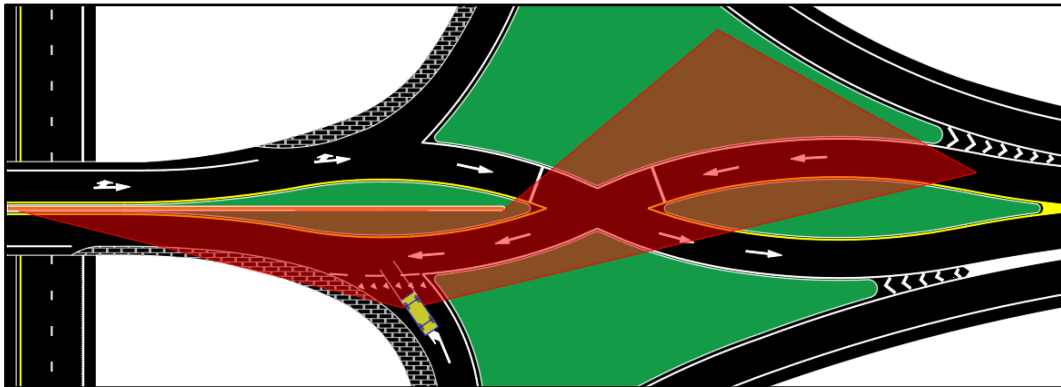
Venstresving fra motorveg innebærer vikeplikt for trafikk på broen. Trafikkstrømmen med forkjøringsrett kommer fra høyre hånd, og utforming av påkoblingen har betydning for sikten. Det er derfor hensiktsmessig at koblingen mellom rampen og broen er tilnærmet vinkelrett, slik at trafikanter har god sikt til kjøretøyene som skal vikes for. I tillegg bør rampens helning være lav nok slik at sidevegtrafikken framkommer tydelig, helst før denne passerer hovedkrysset på høyre hånd. Siktlinjene løper over trekantøya, og det er viktig at denne holdes fri for høy vegetasjon. Gress kan være å foretrekke. Gode siktlinjer vil bidra til at venstresvingende trafikk på rampen «leser» kryssets virkemåte, slik at muligheten for misforståelser minimeres. En oversikt over faktisk og forventet plassering av møtende trafikk for bevegelsen er vist i Figur 7.6.9. Med gode siktlinjer understrekes denne virkemåten.



Figur 7.6.9: Faktisk og forventet plassering av møtende trafikk ved venstresving

Bruk av sikthindrende gjerde

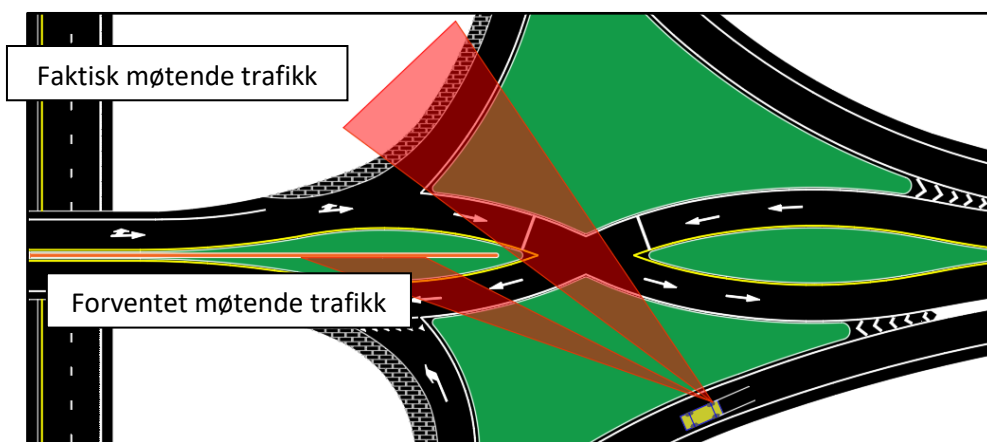
For å understreke hvilken trafikkstrøm venstresvingende motorvegtrafikk skal vike for, kan kjørefeltene på broen skilles med et sikthindrende gjerde. Når innsyn til trafikk på motsatt side av broen «blokkeres», framtrer sidevegen som en envegskjørt gate, illustrert i Figur 7.6.10. Gjerdet vil også gagne sidevegtrafikken. Det kan virke forvirrende å krysse broen på venstre side av vegen, og det sikthindrende gjerdet kan bidra til å redusere dette inntrykket.



Figur 7.6.10: Sikthindrende rekkverk på broen

Sikt for høyresvingende motorvegtrafikk

Høyresving fra motorveg reguleres med fletting. Det er viktig med god sikt til kjøretøy på andre siden av trekantøya, slik at trafikanter forstår hvilken trafikkstrøm som skal flettes med. Det er dermed viktig å sikre lav beplantning. Det kan også være lurt å føre kjørefeltene parallelt før de sammenflettes, slik at kjøretøyene blir klar over hverandre. En oversikt over faktisk og forventet plassering av møtende trafikk for bevegelsen er vist i Figur 7.6.11.



Figur 7.6.11: Faktisk og forventet plassering av møtende trafikk ved høyresving

Krysningsvinkel

Krysningsvinkelen i hovedkryssene anrettes i samsvar med erfaringer fra tidligere DDI-kryss. Erfaringene tilsier at det bør benyttes krysningsvinkel på i størrelsesorden 40-45 grader. Disse erfaringene er imidlertid gjort på bakgrunn av DDI-løsninger med minimum to kjørefelt i hver retning.

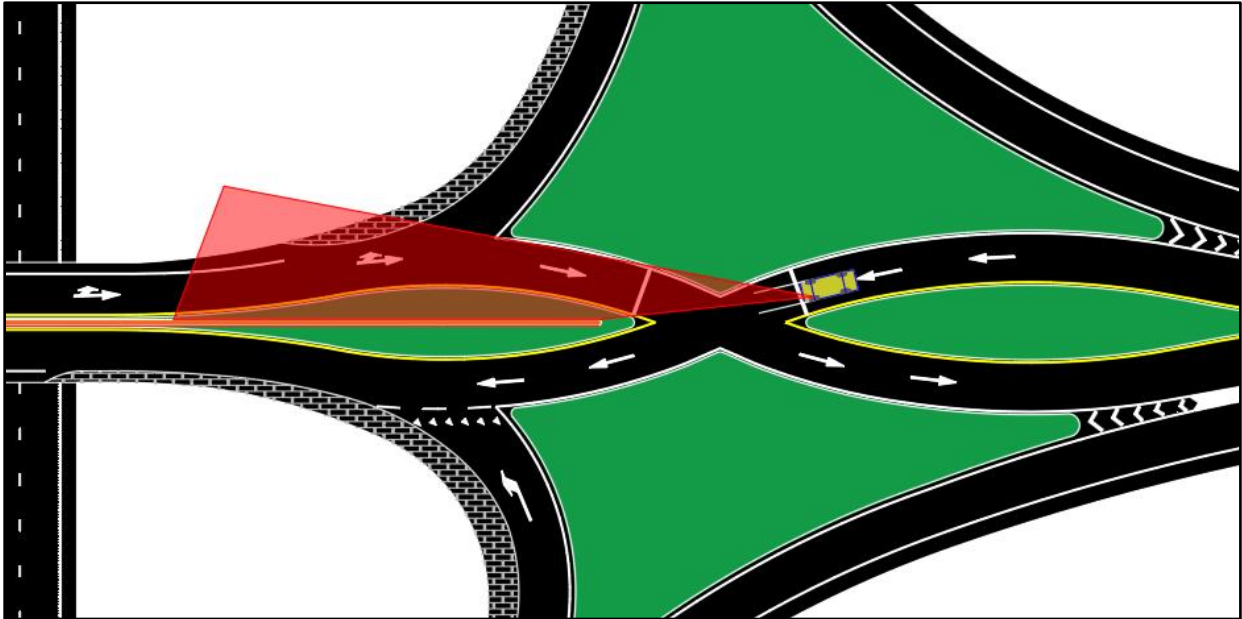
Den foreslåtte løsningen bruker vinkel lik 45 grader. Denne medfører erfaringsmessig liten sannsynligheten for utilsiktede bevegelser over i motgående kjørebane. Det kan tenkes at det finnes en mer optimal krysningsvinkel for DDI-kryss med enkelt kjørefelt i hver retning på sideveg. Det er riktignok sannsynlig at en tofeltsversjon av DDI vil ha lavere risiko for utilsiktet kjøring. Krysningssituasjonen i signalregulert DDI er illustrert i Figur 7.6.12. Risiko for førerfeil kan reduseres ytterligere ved hjelp av skilting og oppmerking. Her kan det være fordelaktig å bruke symboloppmerking i vegbanen og skilt for påbudt kjøreretning.



Figur 7.6.12: Krysnings situasjon i hovedkryssene (signalregulert DDI er vist)

Betraktninger knyttet til vikepliktsregulert DDI-kryss

Det kan være aktuelt å vurdere DDI-kryss med vikeplikt som reguleringsform i hovedkryss. Vikepliktsituasjonen blir noe spesiell i hovedkryssene, særlig vedrørende krysningvinkel og sikt. Situasjonen i DDI-krysset vil dermed, fra et trafikantperspektiv, oppfattes som at det må vikes for en bevegelse i møtende retning. Figur 7.6.13 illustrerer siktlinjene hovedkrysset.



Figur 7.6.13: Illustrasjon av siktlinjer til motgående kjørefelt i hovedkrysset

Dette kan føles uvant og vanskelig, men er ikke nødvendigvis *farligere* enn konvensjonell vinkelrett krysning. Tvert i mot kan det tenkes at løsningen er minst like trygg. Dette skyldes gode siktlinjer, ettersom det i praksis vikes for møtende trafikk som er synlig i lang avstand. Dette illustreres i Figur 7.6.12. I tillegg er krysningområdet begrenset, slik at kjøretøy er ute av faresonen etter kort tid. Nødvendige luker er heller ikke store, ettersom at vikende kjøretøy ikke behøver å ta høyde for fartsøkning etter krysning, i motsetning til avsving på en veg med større fartsnivå.

Dersom hovedkryssene vikepliktsreguleres, frarådes bruk av flere enn ett kjørefelt i hver retning på sidevegen, ettersom kjøretøy i yttersving kan skape blindsoner for kjøretøy i innersving. Dersom vikeplikt skal benyttes som standard, bør det uredes hvorvidt siktkravene i V121 tilfredsstilles.

Risikoanalyse for signalregulert DDI

Det utføres en forenklet risikoanalyse i tråd med hovedelementene i HAZID-modellen (hazard identification), beskrevet i V721.

Trinn 1: Beskrive analyseobjekt, formål og vurderingskriterier

- **Beskrivelse av analyseobjekt:**
 - **Objekt:** Krysset som helhet
 - **Trafikantgrupper:** Førere av motoriserte kjøretøy
 - **Ulykkestyper:** Alle typer ulykker som involverer minst ett kjøretøy.
- **Formål:** Grov utredning av risikomomenter for kryssløsningen
- **Vurderingskriterier:** Skjønnsmessig vurdering

Trinn 2 - 4: Identifikasjon av risikoelementer, klassifisering og tiltak

Endrede geometriske elementer i trafikkbildet kan skape nye faremomenter. Samtidig er det viktig å sørge for at kryssets utforming bidrar til god trafikantoppførsel slik at kryssets virkemåte oppfattes, og at muligheten for misforståelser minimeres. En kartlegging og drøfting av risikoelementer (faremomenter) er å finne i Tabell 7.6.8.

Risikoelement 1, 2 og 3 knytter seg til trafikantforståelse og mulighetene for utilsiktede svingebevegelser i motsatt kjøreretning. Risikoelement 4 diskuterer svikt i signalsystemet, mens element 5 knytter seg til valg av fart for høyresvingende kjøretøy.

Tabell 7.6.8: Risikoanalyse for signalregulert DDI

Trinn 2		Trinn 3			Trinn 4
Risikoelement	Beskrivelse	S	K	R	Tiltak / argument
1. Kjøring i motgående retning i hovedkryss	Kjøretøy på veg gjennom hovedkrysset kan misforstå geometrien, og legge seg i høyre kjørefelt på veg over broen	M	M		<ul style="list-style-type: none"> • Skilting og oppmerking • «Riktig» geometri og krysningsvinkel • Bruk av «tydelige» trafikkøyer uten særlig hjørneavrunding • Bruke <i>pilsignal</i> istedenfor <i>hovedsignal</i>
2. Kjøring i motgående retning i påkjøringsrampe til motorvegen (spøkelsesbilister)	Kjøretøy som har passert hovedkrysset kan foreta venstresving ut på rampen, og akselerere ut på motorvegen i feil kjøreretning	L	H		<ul style="list-style-type: none"> • Spesialskilt som viser kryssets virkemåte • Skilting av «<i>feil kjøreretning – snu</i>» og innkjøring forbudt • Krapp kjørneavrunding på sideøy
3. Venstresvingende trafikk fra motorveg kan foreta høyresving på broen	Venstresvingende trafikk fra motorvegen kan misoppfatte krysset og foreta høyresving ved broens påkobling.	L	L		<ul style="list-style-type: none"> • Konsekvens settes til «lav» pga. gode siktlinjer for de andre trafikkstrømmene (lavt fartsnivå) • Skilting og oppmerking • Sikthindrende gjerde på broen
4. Signalanlegg ute av drift	Hvis trafikklysene er ute av drift, gjelder vikeplikt i hovedkrysset	L	L		<ul style="list-style-type: none"> • Utredningen viser at dette er OK. • Hovedkryssets geometri innbyr til lave hastigheter, slik at problemet minimeres

<p>5. For stor hastighet ved høyresvinge-bevegelser</p>	<p>Høyresvingende kjøretøy (både fra og til motorveg) fletter med trafikk som (grunnet krappere geometri) kan være mer saktegående.</p>	<p>L</p>	<p>L</p>		<ul style="list-style-type: none"> • God skilting av gjensidig fletting • Vurdere krappere kurve på høyresvingefelt for mer effektiv fartsreduksjon • Kjøretøyene har god sikt til hverandre før fletting og god tid til fartsavpasning • Lav kollisjonsvinkel og hastighetsforskjell
--	---	----------	----------	--	---

Samlet trafikksikkerhetsvurdering for signalregulert DDI

DDI-kryss kan tilby trafikksikkerhet på linje med ruterkryss med rundkjøringer. Konfliktene spres over et større område, slik at trafikanter har færre simultane problemstillinger å ta hensyn til. De fleste konflikter har gunstige kollisjonsvinkler og involverer trafikkstrømmer med tilnærmet likt fartsnivå. I motsetning til ruterkryss med rundkjøringer, innebærer flere mulige bevegelser i DDI-krysset kjøring gjennom av minst ett hovedkryss. Disse kan løses ved bruk av signalregulering eller vikeplikt.

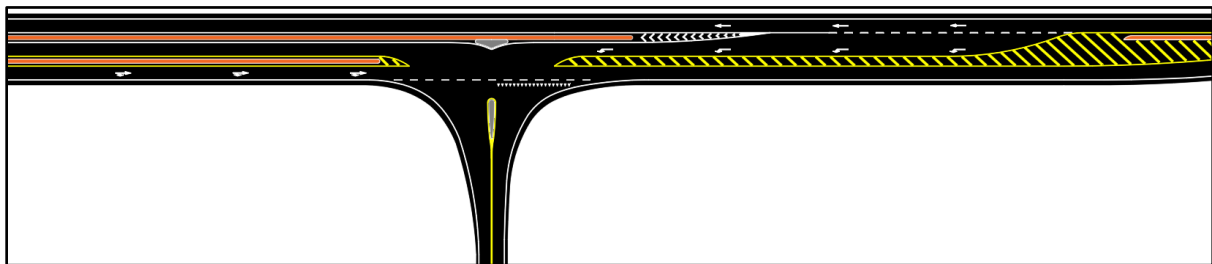
Vikepliktsituasjonene i DDI-krysset er enkle å forholde seg til, ettersom vikende kjøretøy kun forholder seg til én trafikkstrøm hver gang. Sikthindrende gjerdet på broen bør benyttes for å rette trafikantenes fokus mot trafikkstrømmene som er av deres interesse. Samtidig kan dette redusere forvirring. For at løsningen skal anses som trafikksikker, er det viktig at krysset utformes geometrisk «riktig», med hensiktsmessig valg av krysningsvinkel og minimalt med sikthindrende installasjoner.

Funnene fra delkapittel 7.5 tyder på at sannsynligheten for tilbakeblokkering av avkjøringsrampen i DDI-kryssene er betydelig lavere enn i ruterkrysset. Dette representerer en sikkerhetsgevinst som kan ha effekt langt utenfor kryssets umiddelbare omgivelser.

8. Oppsummering og diskusjon

Her beskrives de viktigste funnene fra utredningen. Kryssene oppsummeres og diskuteres på punktform på bakgrunn av utredede forhold. Deretter følger en konklusjon av kryssenes egenskaper og anvendbarhet. Her kommenteres også hvile av kryssene som studentene mener har potensiale for implementering.

Modifisert T-kryss



Figur 8.0.1: Modifisert T-kryss

Generelt

- **Prinsipp:** Kanalisert T-kryss med eget akselerasjonsfelt for venstresving fra sideveg, vist i Figur 8.0.1 Kjørefeltene føres sammen etter fullført akselerasjon.
- **Bruksområde:** «2+1»-motorveg. Kan også være aktuelt for tofeltsveger.
- **Kan erstatte:** Kanaliserte T-kryss med både ett og to kjørefelt på sidevegens tilfart.

Trafikksikkerhet

- Bedre trafikksikkerhet enn konvensjonelle kanaliserte T-kryss.
- Det blir enklere å finne nødvendig tidsluke.
- Redusert fare for påkjøring bakfra.
- Gjennomgangstrafikk lengst unna sidevegen tildeles bedre sikkerhetsforhold.
- Det foreligger risiko for direkte gjennomkjøring mellom av- og påkjøringsfelt.

Trafikkavvikling

- Bedre avviklingsforhold for sideveg. Ingen forandring for gjennomgangstrafikk.

Miljø

- Krysset håndterer noe mer trafikk for samme utslippsmengde.

Geometri

- Utformingen tillater kjøremåte A for modulvogntog. Dette krever stor breddeutvidelse på sideveg.
- V121 og N100 kan brukes for den geometriske utformingen, men enkelte prinsipper benyttes utenfor tiltenkt bruksområde. Tilpasninger må vurderes.
- Venstresvingefeltet må være bredt for å gjøre plass til rekkverket.

Vegskilt

- Det er mulig å utarbeide skiltplan med bruk av standardskilt i N300.
- Spesialskilt for sideveg som viser at venstresving gjøres i eget kjørefelt bør vurderes.
- Skiltplan foreslår vegskilt plassert i rekkverket. Dette er ikke tillatt i henhold til N300.

Vegoppmerking

- Oppmerking kan utføres i henhold til N302 uten videre tilpasninger.
- Det bør foretas en vurdering av sperrefeltets lengde i forkant av skillende rekkverk.

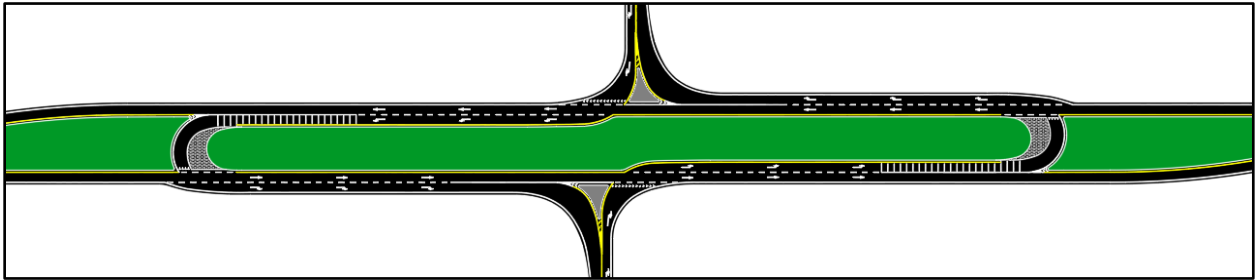
Brøyting

- Krysset lar seg brøyte med to biler. Dårlig snølagringskapasitet i akselerasjonsfeltet.
- Venstresvingefelt på hovedveg er svært bredt. Det er lite sannsynlig at kjørefeltet kan brøytes etter krav. Kan være aktuelt å forlenge sperreområdet.

Diskusjon

Modifisert T-kryss kan være en reell erstatning for mange av dagens kanaliserte T-kryss. Krysset kan vurderes brukt på veger med både høy og lav hastighet. Venstresvingende sidevegtrafikk sikres tryggere avvikling. Krysset krever ikke vesentlig større arealbruk enn kanaliserte T-kryss, og anses heller ikke å være særlig mer kostbart. Det er studentenes anbefaling at krysset vurderes av myndighetene.

RCUT



Figur 8.0.2: RCUT

Generelt

- **Prinsipp:** Sekundærbevegelser har vikeplikt. Løsningen ivaretar forkjørsrett og fartsnivå på hovedveg. Løsningen er illustrert i Figur 8.0.2.
- **Bruksområde:** Landlige strøk med trafikkerte sideveger.
- **Kan erstatte:** Forskjøvne T-kryss og muligens planskilte løsninger.

Trafikksikkerhet

- «Enkle» vikepliktsituasjoner. Det vikes for kun én trafikkstrøm av gangen.
- Konflikter spres over større avstander, sammenlignet med forskjøvne T-kryss.
- Mulighet for direkte venstresving fjernes.
- Liten fare for førerfeil. God optisk ledning.
- Retardasjonsfeltet brukes for både saktegående kjøretøy fra sidevegen, samt hurtiggående avsvingende kjøretøy fra hovedvegen. Kan føre til farlige situasjoner.
- Det foreligger svært lav risiko for kødannelse i retardasjonsfeltet.

Geometri

- Retningslinjer i V121 og N100 kan brukes for geometriske utforming, men enkelte prinsipper benyttes utenfor tiltenkt bruksområde. Tilpasninger må vurderes.
- Kjøremåte A sikres for modulvogntog. Krever stort overkjørbart areal i U-svingefelt.
- God optisk ledning er viktig for å hindre utilsiktede svingebevegelser.
- Foreslått utforming sikrer gode siktlinjer i alle vikepliktsituasjoner.
- Krysset er meget arealkrevende.

Vegskilt

- Det er mulig å utarbeide skiltplan med bruk av standardskilt i N300.
- Det bør utarbeides spesialskilt som informerer om U-sving.

Vegoppmerking

- Oppmerking kan utføres i henhold til N302 uten videre tilpasninger.
- Rumlefelt bør vurderes i retardasjonsfeltene for U-sving.

Brøyting

- Brøyting kan utføres med to brøytebiler.
- Trafikkøyene gir gode muligheter for snølagring.
- Snølagring på sideøyene bør unngås for å opprettholde siktlinjer i U-svingefelt.

Trafikkavvikling

- Betydelig lavere total forsinkelse enn forskjøvne T-kryss.
- RCUT presterer på linje med et enkelt ruterkryss med rundkjøringer.
- Forlenget reiserute for venstresving fra hovedveg.

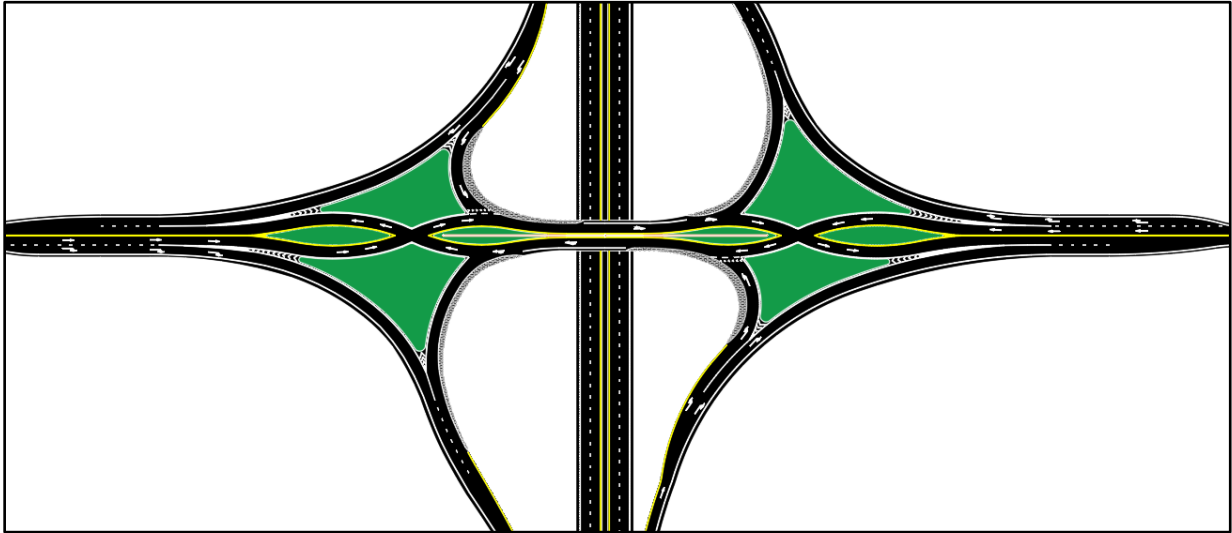
Miljø

- Krysset håndterer dermed noe mindre trafikk for samme utslippsmengde, som følge av lengre reiseruter.

Diskusjon

Krysset scorer høyt på trafikksikkerhet, og gir redusert totalforsinkelse sammenlignet med kanaliserte T-kryss. Forsinkelsen er på linje med enkle planskilte kryss, men her foreligger større usikkerhet. Løsningen er arealkrevende, på grunn av muligheten for U-sving for tunge kjøretøy, samt nødvendige retardasjonslengder. Dette svekker den reelle anvendbarheten. Det kan tenkes at RCUT kan være passende som substitutt til planskilte kryss med lav trafikkmengde. Byggingen av krysset bør heller betraktes som bygging av to separate veger med tilstøtende forbindelser i U-svingefeltene. For å øke anvendbarheten, kan det vurderes om krysset kan anrettes i slake kurver.

DDI



Figur 8.0.2: DDI

Generelt

- **Prinsipp:** Planskilt kryss hvor sidevegtrafikken ledes på motsatt side av broen. Hovedkryssene kan enten vikeplikts- eller signalreguleres. Løsningen er vist i Figur 8.0.2
- **Bruksområde:** Toplanskryss, særlig med høy avsvingende trafikkmengde.
- **Kan erstatte:** Kryssløsninger i to plan, særlig ruterkryss med rundkjøringer.

Trafikksikkerhet

- Trafikksikkerhet anses som å være på lik linje med ruterkryss med rundkjøringer.
- Krysset kan være noe vanskelig å forstå for ukjente trafikanter.
- Krysningsvinkel på 45 grader virker fornuftig for optisk ledning i hovedkryssene.
- Det foreligger gode siktlinjer til trafikk det skal vikes eller flettes med.
- Redusert fare for tilbakeblokkering av avkjøringsrampen.

Geometri

- De aller fleste av prinsippene i N100 og V121 må tilpasses. Foreslått utforming anses å samsvare med bakenforliggende prinsipper.
- Kjøre måte A sikres for modulvogntog. Venstresvingefeltene har behov for overkjørbare arealer i innersving. Dette bør utredes videre.

- Det er sannsynlig at krysset blir mer areakrevende enn sin tradisjonelle motpart.
- Geometrien fjerner mulighet for direkte kjøring mellom avkjøringsrampe og påkjøringsrampe. Dette kan være en ulempe i forbindelse med «feil avkjørsel».

Vegskilt

- Det er mulig å anrette skiltplan for DDI med bruk av standardskilt i N300.
- Spesialskilt som informerer om kryssets virkemåte kan vurderes for sidevegtrafikken.

Vegoppmerking

- Oppmerking kan utføres stort sett i henhold til N302.

Brøyting

- Brøyting kan utføres med 4 brøytebiler.
- Brøyting er krevende i DDI-løsningen. Krysset krever mange ulike gjennomkjøringer.
- Snølagring kan være noe vanskelig for å opprettholde siktforhold.

Trafikkavvikling

- DDI med vikepliktsregulerte hovedkryss: Mye lavere forsinkelse og reisetid.
- DDI med signalregulerte hovedkryss: Varierende resultater. Forsinkelse og reisetid avhenger av trafikkmengde.
- Risiko for tilbakeblokkering av avkjøringsrampen nærmest fjernes i DDI-løsningene.
- Det er kun utført enkle beregninger av signalreguleringens omløpstid.

Miljø

- DDI-kryssene håndterer større trafikkmengder for samme utslippsnivå.

Diskusjon

Signalregulert DDI og vikepliktsregulert DDI diskuteres separat.

Signalregulert DDI-kryss

Trafikksikkerheten i signalregulert DDI anses tilsvarende med tradisjonelle ruterkryss med rundkjøringer. Sannsynligheten for utilsiktede svingebevegelser er imidlertid til stede. DDI-krysset forenkler venstresvingebevegelser, og forflytter prioritet slik at kø som i ruterkryss ville oppstått på avkjøringsrampen, nå oppstår på sidevegen.

Trafikkmodellering av signalregulert DDI mot ruterkryss med rundkjøringer, bekrefter at sistnevnte er godt egne moderate trafikkforhold. Signalregulerte DDI oppnår fortinn for høyere trafikkmengder. Endret omløpstid og forskyvning av signalfaser kan riktignok bidra til å redusere forskjellene mellom kryssene. Det kan også være hensiktsmessig å benytte trafikkstyrt signalregulering.

Det kan tenkes at signalregulert DDI vil fungere bedre dersom sidevegen anrettes med to kjørefelt i hver retning. Dette kan medføre at kømagasinet på broen ikke mettes med venstresvingende motorvegtrafikk under rødtiden. Dette er tross alt minimumskonfigurasjonen av DDI som brukes i andre land. Det virker dermed som at signalregulering ikke er mest hensiktsmessige reguleringsform i hovedkryss ved tofeltskonfigurasjon. Løsningen kan likevel forbedre trafikale forhold i toplanskryss som er gjenstand for tilbakeblokkering.

Vikepliktsregulert DDI-kryss

Vikepliktsregulering av hovedkryssene ser ut til å fungere svært godt i tofeltskonfigurasjon. Krysningene er enkle, og det foreligger gode siktlinjer og god tid til fartstilpasning. Vikepliktsituasjonen i hovedkryssene er riktignok svært uvant, og kan være forvirrende for ukjente trafikanter. Løsningen sikrer nærmest kontinuerlig flyt i krysset. Avviklingsresultatene tilsier *ikke* at det behøves flere felt for å håndtere etterspørselen. Det anbefales *heller ikke* at det anrettes flere kjørefelt i en slik løsning, ettersom krysset fort kan bli uoversiktlig.

Vikepliktsregulert DDI fungerer bra for modellerte trafikkmengder. Det er riktignok benyttet symmetriske OD-matriser, slik at krysset belastes jevnt på alle tilfarter. Dette fordeler prioritet jevnt i hvert hovedkryss, og flyten kan forringes dersom krysset utsettes for skjev belastning. Det er studentenes anbefaling at krysset utredes videre og vurderes av myndighetene.

9. Videre arbeid

Oppgaven er en grunnleggende utredning av alternative kryssløsninger dimensjonert etter norske forhold. Den representerer dermed et tidligstadium i en større prosess med flere involverte interessenter. Arbeidets endelige mål er at enkelte av de utredede vegkryssene skal være å finne som standardløsninger i vegnormalene. Dette er en prosess bestående av mange trinn. For det første må det framlegges konkrete løsningsforslag, slik at myndighetene introduseres for alternative tenkemåter. Dette må begrunnes med mest mulig helhetlige vurderinger av relevante forhold. Deretter kan det hende at noen vegkryss tas videre som prøveprosjekter. Videre må kryssenes trafiksikkerhets- og avviklingsegenskaper kartlegges. Det samme gjelder kryssets mottakelse av trafikantene. En slik kartlegging vil ta tid, gjerne flere år, men vil gi erfaringer om kryssets faktiske virkemåte. På bakgrunn av kartleggingen, kan myndighetene vurdere om løsningen kan implementeres flere steder. Dersom dette er tilfelle, behøves datainnsamling i større omfang for å kartlegge data på tvers av stedlige forhold og lokale trafikkmengder. Slik oppnås større vitenskapelig validitet, og kryssene kan vurderes inkludert i framtidige vegnormaler.

Rapportens omfang er vidtomspennende, og det foreligger flere forhold som krever ytterligere utredning. Et utvalg av oppgaver som anses som viktige, er presentert i punktliste. Punktene representerer dermed også oppgavens svakheter.

Trafikkmodellering

1. Benytte ulike trafikksimuleringsprogrammer for å etterprøve resultatene
2. Grundigere utredning av optimal signalregulering for DDI
3. Modellere vikepliktsregulert DDI ved skjev trafikkbelastning
4. Modellere Modifisert T-kryss med fletting for tofeltsveg

Trafiksikkerhet

1. Bygge pilotprosjekt. Foreta «før - etter» analyse over tid
2. Se på muligheten for implementering av tilsvarende kryss for lavere fartsgrenser. Det bør da gjøres betraktninger knyttet til fotgjengere og syklist
3. Kartlegge behov for belysning i kryssene
4. Kartlegge sikt grundig

Geometri

1. Utrede konkrete kryssområder langs norske veger som kan være aktuelle for ombygging eller implementering av alternative kryssløsninger
2. Utrede geometri for Modifisert T-kryss for tofeltsveg
3. Utrede signalregulert DDI med firefeltskonfigurasjon på sideveg. Det kan være aktuelt å benytte fletting som reguleringsform på *begge* avkjøringsrampene fra motorvegen, slik at broen vil fungere som «vekslingsstrekning»
4. Modulvogntog som ny dimensjoneringsklasse medfører behov for overkjørbare arealer i kryss. Kan det utarbeides nye alternativer til overkjørbart areal?
5. Kartlegge hensiktsmessig stigning på avkjøringsrampen for venstresving i DDI.

Øvrige forhold

1. Bygge pilotprosjekter. Dette vil gi verdifull informasjon om trafikantadferd
2. Kartlegge behovet for ytterligere utarbeidelse og plassering av spesialskilt
3. Modifisert T-kryss er vanskelig å brøyte i påkjøringsfeltet. Kan det anrettes en «grøft» eller bredere skulder for å forenkle brøyting?
4. Utrede kostnadsestimater for bygging eller ombygging av de foreslåtte kryssene
5. Beregne samfunnsøkonomisk nytte av ombygging på en større skala

10. Litteraturliste

Aakre, A. (2017a). *Traffic flow theory – part 1 macroscopic models* (Hentet 2. mai 2018)

Aakre, A. (2017b). *Traffic simulation and Aimsun*. (hentet 15. januar 2018)

Aakre, A. (2017c). *Video DDI* (Odense)

Bared, J. G., Granda, T., & Zineddin, A. (2007). Drivers' Evaluation of the Diverging Diamond Interchange. *TechBrief, US Federal Highway Administration*.

Bhandari, K., Parida, P., & Singh, P. (2013). Estimation of carbon footprint of fuel loss due to idling of vehicles at signalised intersection in Delhi. *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 104*, 1168-1177.

Candappa, N., Logan, D., Van Nes, N., & Corben, B. (2015). An exploration of alternative intersection designs in the context of Safe System. *Accident Analysis & Prevention, 74*, 314-323.

Elvebakk, B., Steiro, T. (2007). *Nullvisjonen – i teori og praksis*. Tilgjengelig fra: <https://samferdsel.toi.no/nr-6-august-2007/nullvisjon-i-teori-og-praksis-article19394-995.html> (hentet 19. februar 2018)

Engstrøm, Bjørn. (2016, 16. desember). *Trafikkulykker*. I Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/trafikkulykker> (hentet 19. februar 2018)

FHW (2017) (Federal Highway Administration) . *Innovative Intersection Safety Improvement Strategies and Management Practices: A Domestic Scan*. Tilgjengelig fra: https://safety.fhwa.dot.gov/intersection/other_topics/fhwas06016/chap_6.htm (hentet 6. juni 2018)

Gokhale, S. (2012). Impacts of traffic-flows on vehicular-exhaust emissions at traffic junctions. *Transportation Research Part D: Transport and Environment, 17*(1), 21-27.

Hughes, W., Jagannathan, R., Sengupta, D., & Hummer, J. E. (2010). *Alternative intersections/interchanges: informational report (AIIR)* (No. FHWA-HRT-09-060).

Hummer, J., Ray, B., Daleiden, A., Jenior, P., Knudsen, J. (2014). *Restricted Crossing U-turn Informational Guide* (No. FHWA-SA-14-070). United States. Federal Highway Administration. Office of Safety.

Høyve, A., Elvik, R., Sørensen, M.W.J., Vaa, T. (2012). *Trafikksikkerhetshåndboka*.

Transportøkonomisk institutt. Tilgjengelig fra:

<https://tsh.toi.no/files/trafikksikkerhetshandboken.pdf> (hentet 20. februar 2018)

Missouri DOT (Missouri Department of Transportation) (2010). *Missouri's Experience with a Diverging Diamond Interchange*. Tilgjengelig fra:

<https://library.modot.mo.gov/rdt/reports/unnumbrd/or10021rpt.pdf> (hentet 20. mars 2018)

N100 - Statens vegvesen. (2014). *Håndbok N100 Veg- og gateutforming*. Hentet fra:

https://www.vegvesen.no/_attachment/61414/binary/964095 (hentet 14. februar 2018)

N101 - Statens vegvesen. (2014). *Håndbok N101, Rekkverk og vegens sideområder*.

Tilgjengelig fra: https://www.vegvesen.no/_attachment/69909 (hentet 14. februar 2018)

N300, del 1 - Statens vegvesen. (2012). *Håndbok N300 Trafikkskilt, del 1:*

Fellesbestemmelser. Tilgjengelig fra:

https://www.vegvesen.no/_attachment/69062/binary/964081?fast_title=H%C3%A5ndbok+N300+Trafikkskilt%2C+del+1+Fellesbestemmelser+%2812+MB%29.pdf

(hentet 10. februar 2018)

N300, del 2 - Statens vegvesen. (2012). *Håndbok N300 Trafikkskilt, Del 2 Fareskilt, markeringsskilt, vikeplikt- og forkjørsskilt*. Tilgjengelig fra:

https://www.vegvesen.no/_attachment/69061/binary/964082?fast_title=H%C3%A5ndbok+N300+Trafikkskilt%2C+del+2+Fareskilt%2C+markeringsskilt%2C+vikeplikt-+og+forkj%C3%B8rsskilt.pdf (hentet 11. februar 2018)

N300, del 3 - Statens vegvesen. (2012). *Håndbok N300 Trafikkskilt, Del 3 Forbudsskilt, påbudsskilt, opplysningsskilt og skilt med trafikksikkerhetsinformasjon*. Tilgjengelig fra:

https://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 11. februar 2018)

N300, del4A - Statens vegvesen. (2012). *Håndbok N300 Trafikkskilt, Del 4A*

Vegvisningsskilt: Planlegging og anvendelse. Tilgjengelig fra:

https://www.vegvesen.no/attachment/69071/binary/964084?fast_title=H%C3%A5ndbok+N300+Trafikkskilt%2C+del+4A+Vegvisning%3B+Planlegging+og+anvendelse+%2810+MB%29.pdf (hentet 11. februar 2018)

N302 - Statens vegvesen. (2014). *Håndbok N302 Vegoppmerking, Tekniske bestemmelser og retningslinjer for anvendelse og utforming*. Tilgjengelig fra:

https://www.vegvesen.no/attachment/69741/binary/1081797?fast_title=H%C3%A5ndbok+N302+Vegoppmerking.pdf (hentet 12. februar 2018)

N303 - Statens vegvesen. (2014). *Håndbok N303, Trafikksignalanlegg*. Tilgjengelig fra:

https://www.vegvesen.no/attachment/61421/binary/964088?fast_title=H%C3%A5ndbok+N303+Trafikksignalanlegg.pdf (hentet 5. mars 2018)

NA-rundskriv 2015/14 Nye krav i N100 til utforming av rundkjøring, T- og X-kryss og breddeutvidelse som følge av modulvogntog som dimensjonerende kjøretøy, Statens vegvesen.

(2015). Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/attachment/1049572/binary/1064507> (hentet 8. februar 2018)

NA-rundskriv 2015/15 - Nye føringer for hovedveger – Etablering av rundkjøringer, omkjøringsveger og miljøgater, Statens vegvesen. (2015). Tilgjengelig fra:

<https://www.vegvesen.no/attachment/1103453/binary/1076239> (hentet 8. februar 2018)

Pandian, S., Gokhale, S., & Ghoshal, A. K. (2009). Evaluating effects of traffic and vehicle characteristics on vehicular emissions near traffic intersections. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 14(3), 180-196.

Pedersen, C.Ø. & Nissen, T. (2016). *Dynamiske Ruderanlegg – implementering i Danmark*. Aalborg universitet. Tilgjengelig fra:

<https://projekter.aau.dk/projekter/files/239467579/Rapport.pdf> (hentet 15. mars 2018)

R610 - Statens vegvesen. (2014). *Håndbok R610, Standard for drift og vedlikehold av riksveger*. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/attachment/61430/binary/964067>

(hentet 2. april 2018)

Schroeder, B., Cunningham, C., Ray, B., Daleiden, A., Jenior, P., & Knudsen, J. (2014). *Diverging diamond interchange: informational guide* (No. FHWA-SA-14-067). United States. Federal Highway Administration. Office of Safety.

SSB (Statistisk sentralbyrå), (2018). *Rekordlave 109 omkom i trafikken*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/artikler-og-publikasjoner/rekordlave-109-omkom-i-trafikken> (hentet 19. februar 2018)

Statens vegvesen (2010). *Nullvisjonen*. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/Trafikksikkerhet/Nullvisjonen> (hentet 19. februar 2018)

TSS (Transport Simulation Systems (2017), *Aimsun user manual v8.2*.

V120 - Statens vegvesen. (2014). *Håndbok V120 Premisser for geometrisk utforming av veger*. Tilgjengelig fra: https://www.vegvesen.no/_attachment/61500/binary/963993 (hentet 9. februar 2018)

V121 - Statens vegvesen. (2014). *Håndbok V121 Geometrisk utforming av veg- og gatekryss*. Tilgjengelig fra: https://www.vegvesen.no/_attachment/75045/binary/1008055 (hentet 8. februar 2018)

V322 - Statens vegvesen. (2014). *Håndbok V322, Trafikksignalanlegg, Planlegging, drift og vedlikehold*. Tilgjengelig fra: https://www.vegvesen.no/_attachment/635066/binary/964110 (hentet 5. mars 2018)

V721 - Statens vegvesen. (2014). *Håndbok V721, Risikovurdering i vegtrafikken*. Tilgjengelig fra: https://www.vegvesen.no/_attachment/61503/binary/963988 (hentet 20. mars 2018)

Várhelyi, A. (2002). The effects of small roundabouts on emissions and fuel consumption: a case study. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 7(1), 65-71.

Veisten, K., Flügel, S., & Elvik, R. (2010). *Den norske verdsettingsstudien*. Transportøkonomisk institutt. Tilgjengelig fra: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=16062> (Hentet 19. februar 2018)

Wikipedia contributors. (2018). *Diverging diamond interchange*. In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Tilgjengelig fra:

https://en.wikipedia.org/wiki/Diverging_diamond_interchange#cite_note-16

(hentet 22. april 2018)

Wisconsin DOT (Wisconsin Department of Transportation) (2016). *Restricted Crossing U-turn*. Tilgjengelig fra: <http://wisconsindot.gov/Pages/safety/safety-eng/j-turn.aspx>

(hentet 3. mai 2018)

Vedlegg

- A – Oppgavetekst
- B – Sporingskurver i Modifisert T-kryss
- C – Skiltplan for Modifisert T-kryss
- D – Oppmerkingsplan for Modifisert T-kryss
- E – Sporingskurver i RCUT
- F – Skiltplan for RCUT
- G – Oppmerkingsplan for RCUT
- H – Beregning av sikt til primærsignal i DDI
- I – Sporingskurver i DDI
- J – Skiltplan for DDI
- K – Oppmerkingsplan for DDI
- L – Beregning av omløpstid i DDI

Digitale vedlegg:

- AutoCAD-modeller: Modifisert T-kryss, RCUT og DDI. Hver modell inneholder: Prinsippskisser, oppmerkingsplaner, skiltplaner, sporingskurver og brøyteplaner
- AIMSUN-modeller
 - DDI
 - DDI vikeplikt
 - DDI signal
 - Ruterkryss
 - RCUT
 - RCUT
 - Ruterkryss
 - Forskjøvnne T-kryss
 - Modifisert T-kryss
 - Modifisert T-kryss
 - Kanalisert T-kryss
 - Kanalisert T-kryss med separat høyresvingefelt på sidevegtilfart

A – Oppgavetekst

[Se neste side]

MASTEROPPGAVE

(TBA4945 Transport, masteroppgave)

VÅREN 2018

for

Sturla Hauss Maltby og Markus Metallinos Log

Utredning av alternative kryssløsninger for norske hovedveger

BAKGRUNN

Vegkryss er ofte gjenstand for trafikkulykker og avviklingsproblemer. Her oppstår situasjoner hvor trafikkstrømmer krysses, hvilket nødvendiggjør trinnvis fordeling av prioritet. Noen av dagens tradisjonelle kryssløsninger skaper vanskelige forhold for enkelte trafikkstrømmer. Særlig gjelder dette venstresvingebevegelser. I mange kryss er venstresvingens avvikling begrensende for kryssets totale kapasitet. Det foreligger per 2014 nye krav til kryssløsninger langs norske hovedveger. Bruken av rundkjøringer skal minimeres, til fordel for T-kryss og planskilte løsninger. Samtidig skal modulvogntog i mange tilfeller anrettes som dimensjonerende kjøretøy. Det er sentralt å vurdere om det finnes alternative kryssløsninger som kan implementeres, slik at planleggere tildeles større fleksibilitet. Mange land har allerede implementert alternative kryssløsninger med positive resultater.

OPPGAVE

Oppgaven betrakter muligheten for å implementere alternative kryssløsninger i det norske veg-nettet. Formålet med masteroppgaven er å presentere alternativer til tradisjonelle løsninger som kan bidra til små eller middels store forbedringer over ulike områder. Følgende områder betraktes i rapporten:

- Geometrisk utforming
- Skilting og oppmerking
- Brøyting og vinterdrift
- Trafikksikkerhetsbetraktninger
- Trafikkmodellering

Målsetningen og hensikten med oppgaven er å utarbeide håndfaste forslag til alternative kryssløsninger, med inspirasjon fra egne ideer og andre land. Konseptene skal i beste mulig grad ivareta både primær- og sekundærvegenes behov for trygg og effektiv trafikkavvikling. Basert på dette prinsippet defineres rapportens målsetning:

- Målsetningen er å utrede helhetlige løsningsforslag til alternative vegkryss på hovedveger, med bakgrunn i norske krav. Deretter evalueres løsningene isolert, og sammenlignes med tradisjonelle kryss.

Forskningsspørsmål:

- Hvordan kan dagens vegnormaler knyttet til geometrisk utforming, skilting og oppmerking benyttes for å etablere alternative vegkryss?
- Hvilke vinterdriftsutfordringer medfører alternative kryssløsninger, og hvordan kan disse løses?
- Sammenlignet med dagens vegkryss, hvor godt presterer ulike alternative kryssløsninger med hensyn til trafikkavvikling, miljøpåvirkning og trafikksikkerhet?

GENERELT

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

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

Besvarelsen skal inneholde

- standard rapportforside (automatisk fra DAIM, <http://daim.idi.ntnu.no/>)
- tittelside med ekstrakt og stikkord (mal finnes på [student ved IBM wikiside](#))
- 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 [student ved IBM wikiside](#)

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 [student ved IBM wikiside](#) for avtaleskjema.

Helse, miljø og sikkerhet (HMS):

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

Dersom studenten i arbeidet med masteroppgaven skal delta i feltarbeid, tokt, befaring, feltkurs eller ekskursionsjoner, skal studenten sette seg inn i "Retningslinje ved feltarbeid m.m.". Dersom studenten i arbeidet med oppgaven skal delta i laboratorie- eller verkstedarbeid skal studenten sette seg inn i og følge reglene i "Laboratorie- og verkstedhåndbok". Disse dokumentene finnes på fakultetets HMS-sider på nettet, se <http://www.ntnu.no/iv/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 kontakt@ibm.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: NN

Veileder(eller kontaktperson) hos ekstern samarbeidspartner: MM

Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU

Dato: 07.06.2018

Underskrift

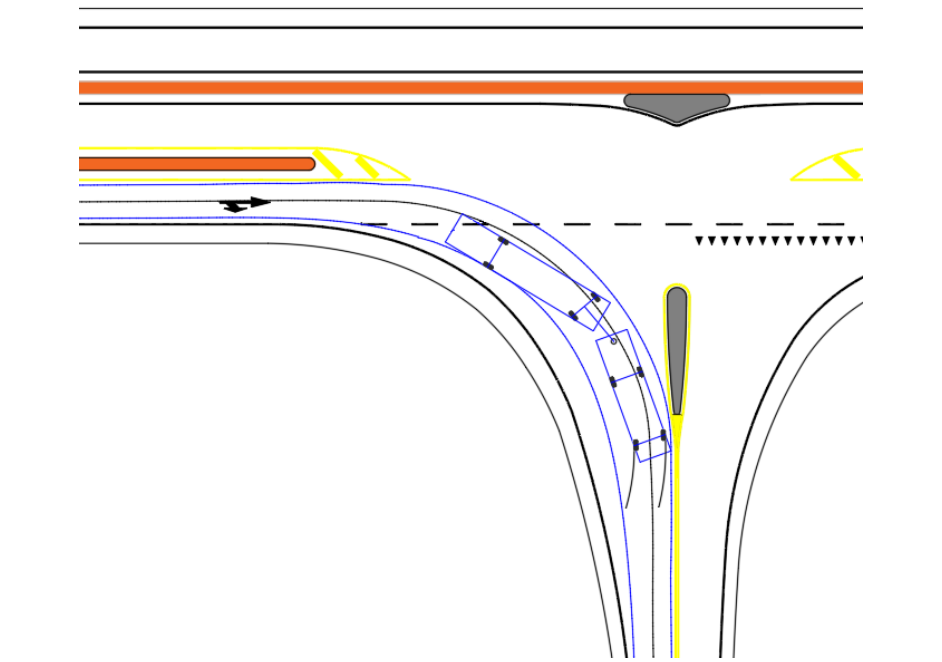
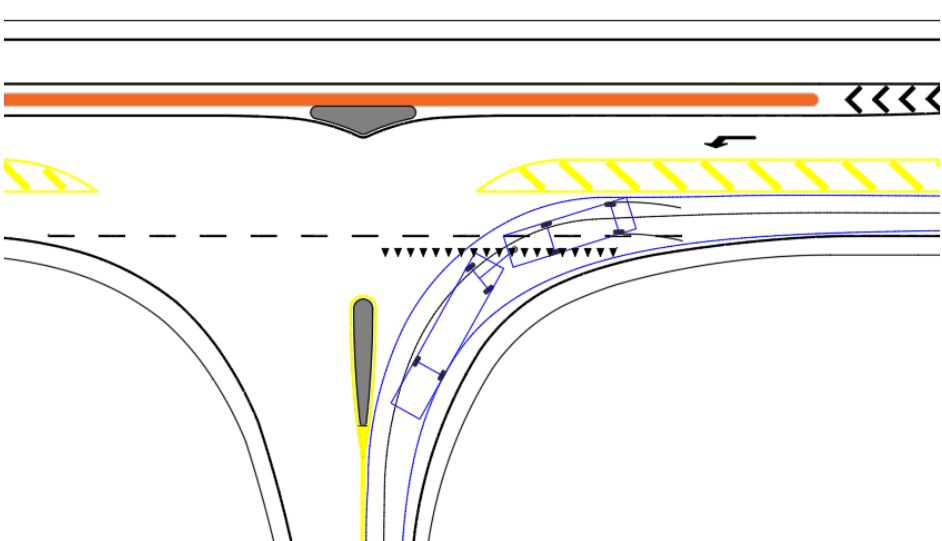


Faglærer

B – Spøringskurver i Modifisert T-kryss

Søringskurver for modulvogntog 1 (MVT1) og modulvogntog 2 (MVT2) i Modifisert T-kryss er vist i henholdsvis Tabell B.1 og B.2.

Tabell B.1: Oversikt over spøringskurver for modulvogntog MVT1

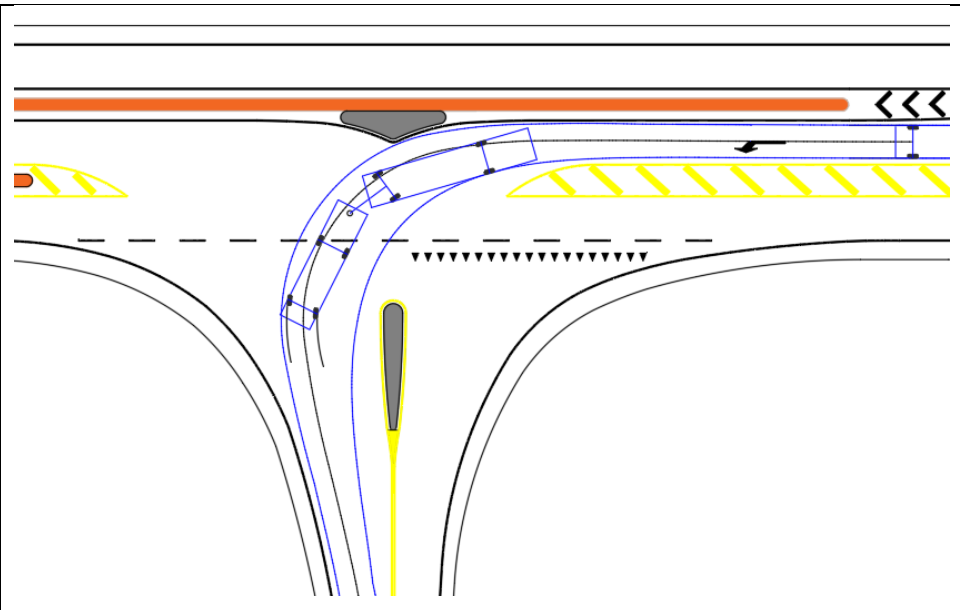
Bevegelse og kommentar	Figur
<p>Svingebevegelse: Høyresving fra hovedveg</p> <p>Kommentar: Kjøremåte A er sikret for bevegelsen</p>	
<p>Svingebevegelse: Høyresving fra sideveg</p> <p>Kommentar: Kjøremåte A er sikret for bevegelsen</p>	

Svingbevegelse:

Venstresving fra hovedveg

Kommentar:

Kjøremåte A er sikret for bevegelsen

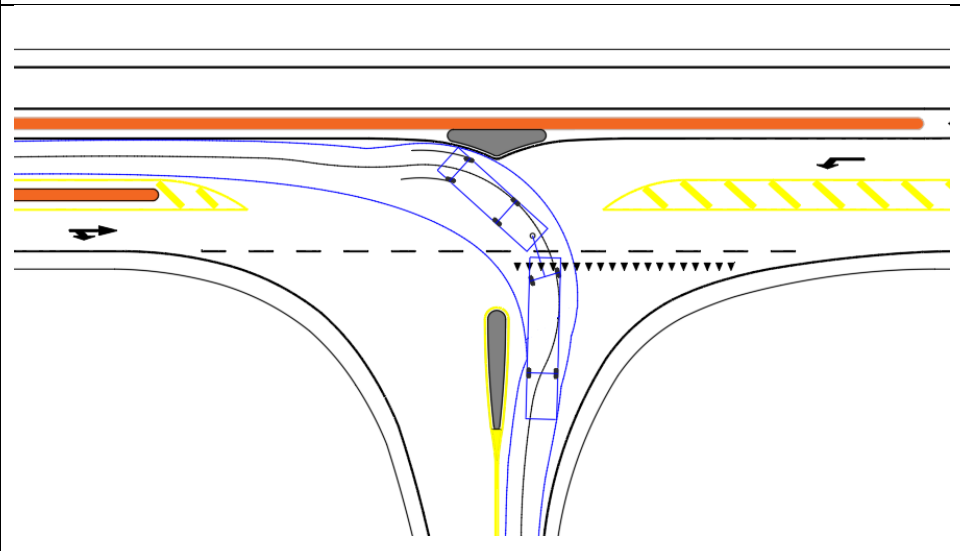


Svingbevegelse:

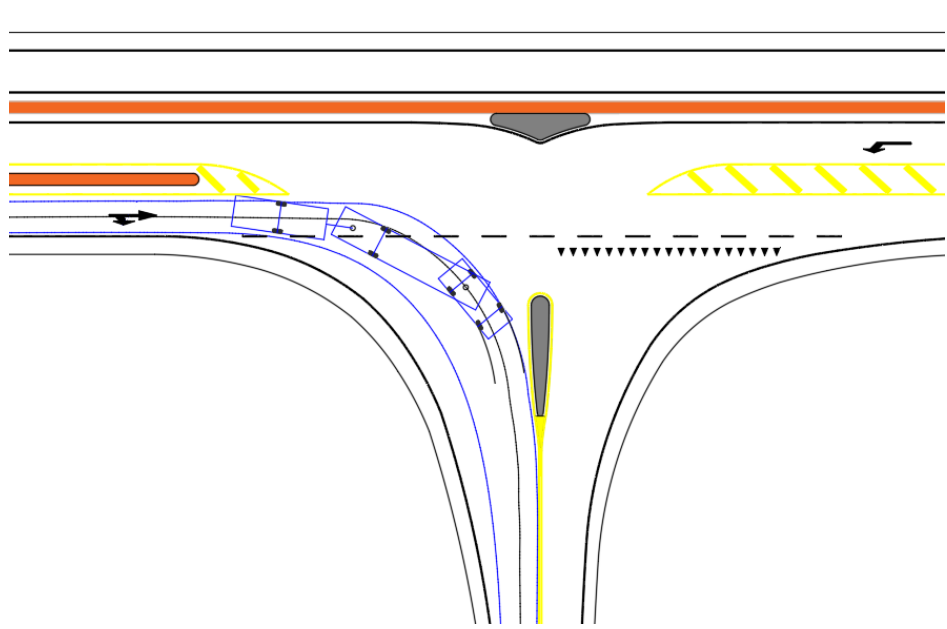
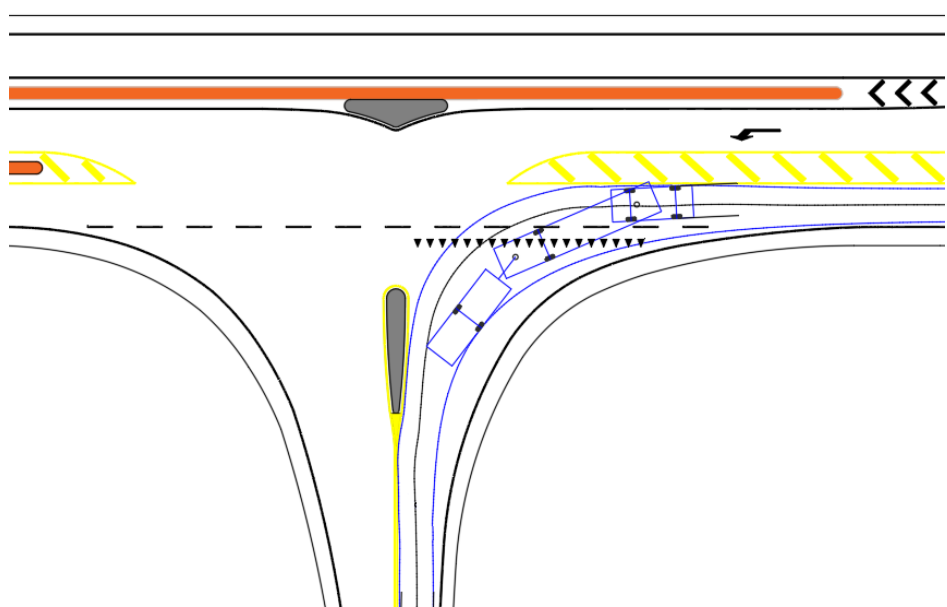
Venstresving fra sideveg

Kommentar:

Kjøremåte A er sikret for bevegelsen



Tabell B.2: Oversikt over springskurver for modulvogntog MVT2

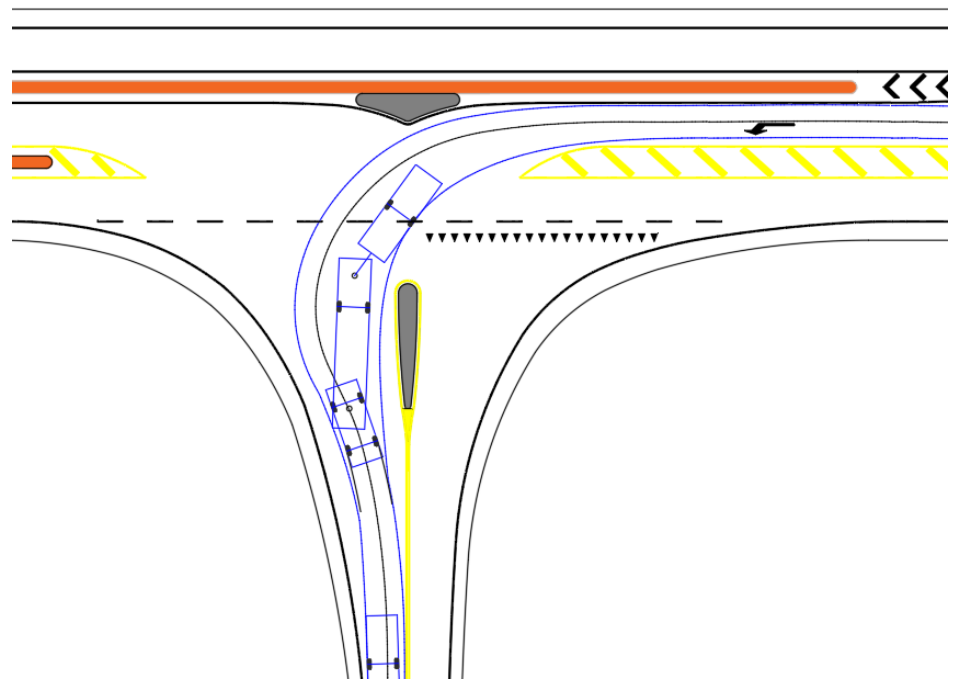
Bevegelse og kommentar	Figur
<p>Svingebevegelse: Høyresving fra hovedveg</p> <p>Kommentar: Kjøremåte A er sikret for bevegelsen</p>	
<p>Svingebevegelse: Høyresving fra sideveg</p> <p>Kommentar: Kjøremåte A er sikret for bevegelsen</p>	

Svingbevegelse:

Venstresving fra hovedveg

Kommentar:

Kjøremåte A er sikret for bevegelsen

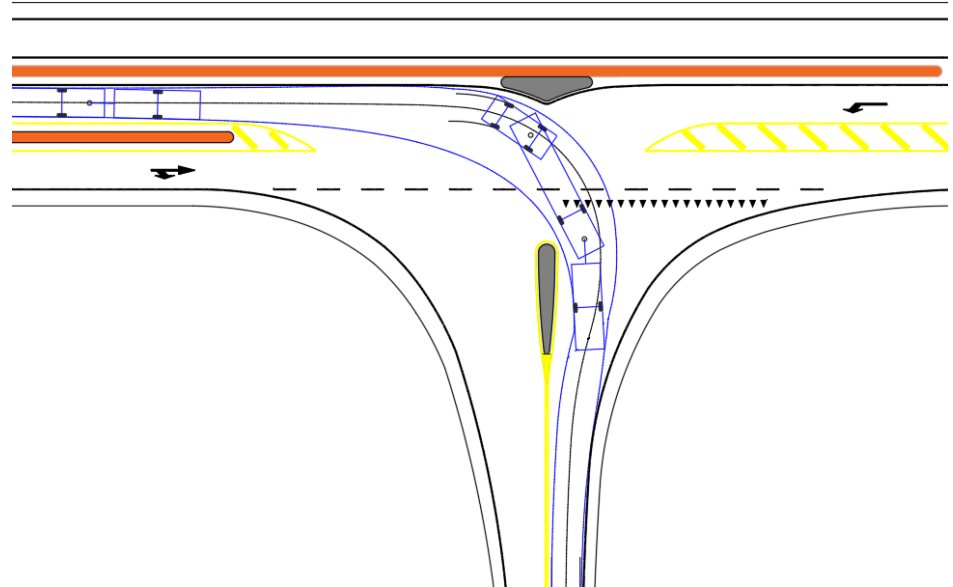


Svingbevegelse:

Venstresving fra sideveg

Kommentar:






Kjøremåte A er sikret for bevegelsen




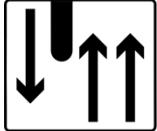







C – Skiltplan for Modifisert T-kryss

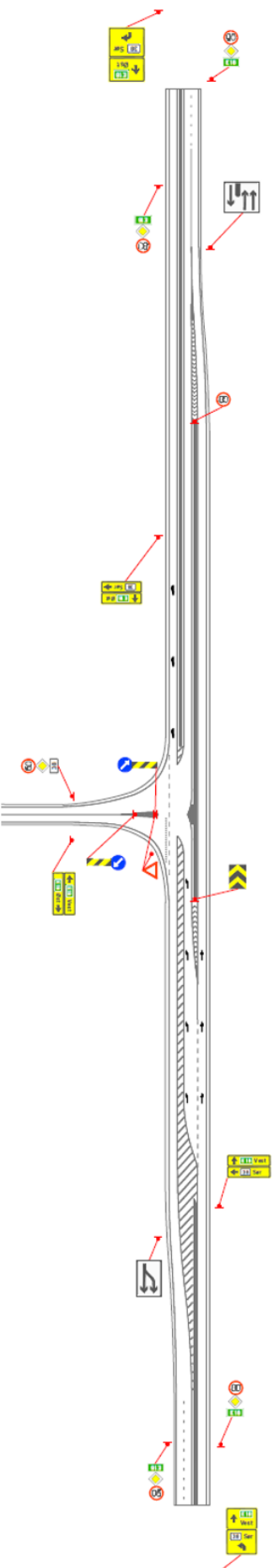
Foreslått skiltplan for Modifisert T-kryss er illustrert i Tegning L1. Videre følger en tabulert oversikt over benyttede standardskilt i skiltplanen. Her beskrives antall skilt av hver type, krav til plassering og eventuelle øvrige merknader. Oversikten er vist i Tabell C.1.

Tabell C.1: Forslag til anvendelse av standardskilt for modifisert T-kryss

Skilttegning	Skiltnummer	Antall	Merknad
	202.0	2	Sted: Anrettes i krysset på begge sider av nordgående felt på sidevegen for å vise vikeplikt for hovedveg.
	206.0	5	Krav til plassering: «Skilt 206 settes opp der forkjørsvegen begynner, og gjentas 40-80 m etter vegkryss». Sted: Settes opp i tråd med krav, 40-80 m etter konvergens mellom påkjøringsfelt og gjennomgangstrafikk (vest), og tilsvarende langt øst for sidevegen. Øvrig: Settes i begge tilfeller sammen med fartsgrenseskilt og vegruteskilt, i rekkefølgen «Fartsgrenseskilt - forkjørvegskilt og vegruteskilt».
	723.11	4	Sted: Brukes i tilknytning til skilting av forkjørsveg og fartsgrense på hovedveg etter krav framsatt for ovennevnte skilt (206 og 362).
	723.15	1	Sted: Brukes i tilknytning til skilting av forkjørsveg og fartsgrense på sideveg etter krav framsatt for ovennevnte skilt (206 og 362).
	362.90	2	Felles for fartsgrenseskilt i tilknytning til vegkryss: Krav til plassering: «Fartsgrensen skal gjentas

	362.80	3	<i>etter vegkryss, slik at det alltid vil være et fartsgrenseskilt synlig innen 100 m avstand når det svinges inn på vegen. Gjentakelseskiltet plasseres på samme stolpe som eventuelle forkjøringsvegskilt (206) og vegruteskilt (723), med skilt 362 øverst»</i>
	362.60	1	Sted: To stk. 362.90, samt to stk. 362.80 anrettes I henhold til krav for 206 og 723, siden skiltene brukes samtidig. 1 stk. 362.80 vurderes anrettet på stolpe ved avslutning av rekkverket langs påkjøringsfeltet. 362.60 anrettes langs sidevegen.
	534.V01	1	Sted: Brukes i østre overgangsområde for i å informere om at forbikjøringsfeltet begynner.
	538.M12	1	Sted: Brukes i vestre overgangsområde for i å informere trafikanter om at påkjøringsfeltet og feltet for gjennomgangstrafikk føres sammen. Skiltet kan anrettes på høyre side av vegen, synlig for begge kjørefeltene.
	404.1	2	Retning: Høyre Krav til plassering: «Skilt 404 anvendes hovedsakelig på trafikkøyer, trafikkdelere og midtdelere hvor kjørende trafikk bare skal passere på én side» Sted: Benyttes på alle trafikkøyer som deler motgående trafikk. (I praksis kun trafikkøy på sideveg.) Øvrig: Brukes sammen med 906V.

	906.0V	2	<p>Retning: Høyre</p> <p>Sted: Benyttes på alle trafikkøyer som deler motgående trafikk.</p> <p>Øvrig: Brukes sammen med 404.1.</p>
	912.0MS	1	<p>Krav til plassering: «Skilt 912 "Avkjøringsmarkering" brukes for å markere avkjøringsveg (rampe) fra motorveg eller annen veg med høy standard. (...) Skilt 912 skal ikke anvendes i vanlige kanaliserte kryss»</p> <p>Sted: Ved introduksjon av rekkverket som skiller venstresvingefelt/påkjøringsfelt fra gjennomgående trafikk. Kan vurderes montert på støtputen.</p>
 <p>(eksempel)</p>	711	2	<p>Sted: Benyttes i umiddelbar tilknytning til krysset (vegvisning i krysset).</p> <p>Øvrig: Tabellvegviser</p>
 <p>(eksempel)</p>	709.12	2	<p>Sted: Benyttes et stykke i forkant av krysset (forvarsel før kryss).</p> <p>Øvrig: Portalorienteringstavle</p>
  <p>(eksempel)</p>	719.11	3	<p>Sted: Benyttes i umiddelbar tilknytning til krysset (vegvisning i kryss).</p> <p>Øvrig: Portalvegviser</p>



Skiltplan: Modifisert T-kryss

Tegningsnummer: L1

Tegningsdato: 04.06.2018

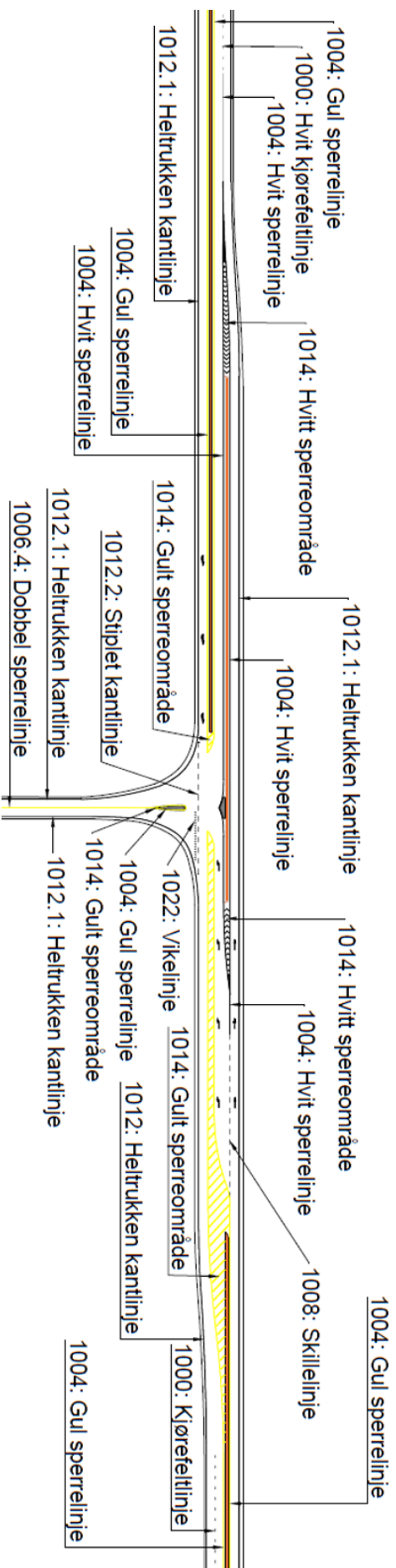
Utarbeidet av: Sturla Hauss Maltby & Markus Log

D – Oppmerkingsplan for Modifisert T-kryss

Et forslag til oppmerkingsplan for Modifisert T-kryss er vist i Tegning L2. Ettersom skiltet fartsgrense i krysset er 80 km/t, anrettes vegoppmerkingen i henhold til kolonnene for «fartsgrense 60, 70, 80 km/t» i Tabell 3.2.5. En detaljert oversikt over oppmerkingen som brukes i RCUT er vist i Tabell D.1.

Tabell D.1: Dimensjoneringstabell for oppmerking av modifisert T-kryss

Linjenummer	Linjetype	Farge	Dimensjoner			Merknad
			A	B	C	
1000	Kjørefeltlinje	Hvit	3	9	0,15	-
1004	Sperrelinje	Hvit	-	-	0,15	Hvit sperrelinje brukes i forbindelse med oppdelingen av vestgående gjennomkjøringsfelt og venstresvingefelt/akselerasjonsfelt.
1004	Sperrelinje	Gul			0,15	-
1006.4	Dobbel sperrelinje	Gul			0,15	Anlegges på sideveg i forkant av krysset
1008	Skillelinje	Hvit	2	2	0,2	Brukes som delelinje der venstresvingefeltet introduseres.
1012.1	Heltrukken kantlinje	Hvit			0,15	-
1012.2	Stiplet kantlinje	Hvit	2	2	0,15	Brukes i forbindelse med påkobling av sidevegen.
1014	Sperreområde	Hvit	-	-	-	-
1014	Sperreområde	Gul	-	-	-	-
1022	Vikelinje	Hvit	-	-	-	Anlegges 1 meter foran stiplet kantlinje.
1034	Symboloppmerking	Hvit	-	-	-	-

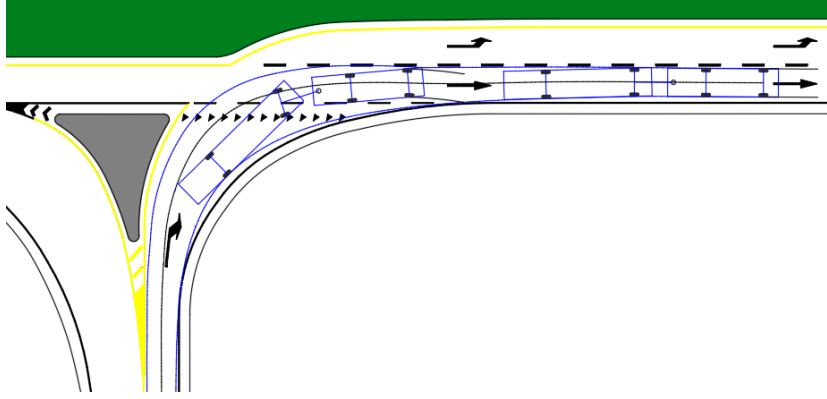
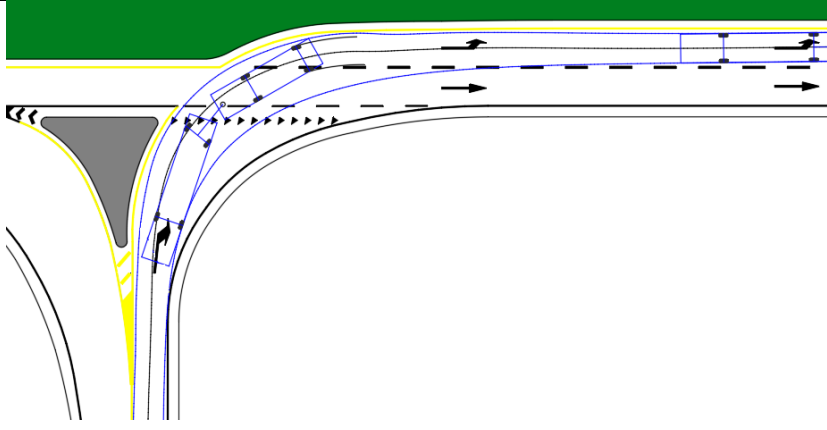
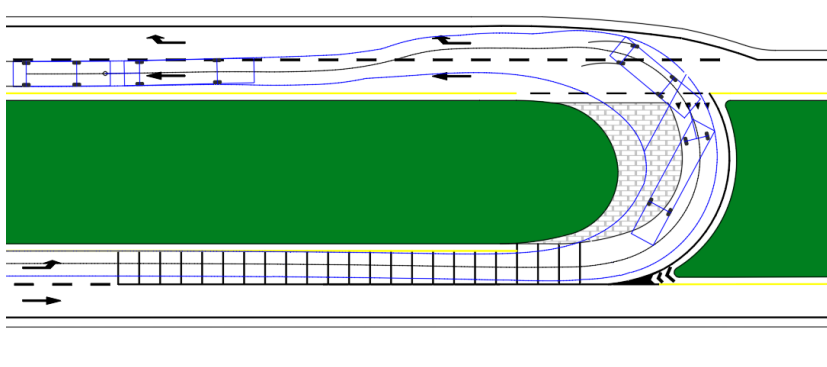


Oppmerkjingsplan: Modifisert T-kryss
Tegningsnummer: L2
Tegningsdato: 04.06.2018
Utarbeidet av: Sturla Hauss Maltby & Markus Log

E – Sporingskurver i RCUT

Sporingskurver for modulvogntog 1 (MVT1) og modulvogntog 2 (MVT2) i RCUT er vist i henholdsvis Tabell E.1 og E.2.

Tabell E.1: Sporing av MVT1 i RCUT

Bevegelse og kommentar	Figur
<p>Svingebevegelse: Høyresving fra sideveg til hovedveg</p> <p>Kommentar: Kjøremåte A er sikret for bevegelsen</p>	
<p>Svingebevegelse: Høyresving fra sideveg direkte til retardasjonsfelt for U-sving</p> <p>Kommentar: Kjøremåte A er sikret for bevegelsen</p>	
<p>Svingebevegelse: U-sving til hovedveg</p> <p>Kommentar: Kjøretøyet benytter noe av høyresvingefeltet som overkjørbart areal. Dette er tiltenkt.</p>	

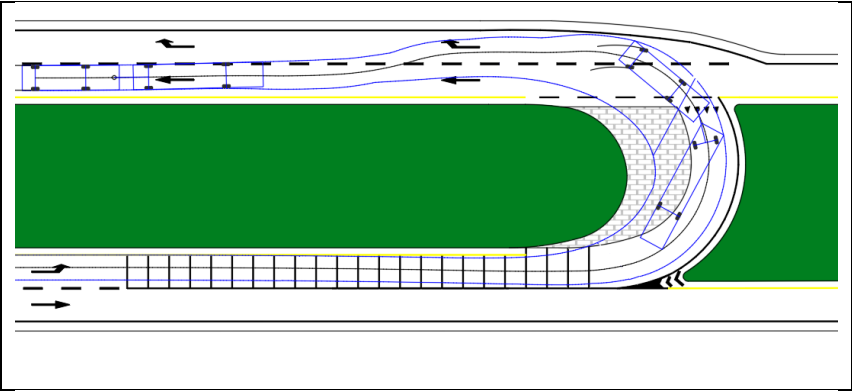
<p>Svingebevegelse: U-sving direkte til høyresvingefelt</p> <p>Kommentar: Kjøremåte A er sikret for bevegelsen</p>	
<p>Svingebevegelse: Høyresving fra hovedveg</p> <p>Kommentar: Kjøremåte A er sikret for bevegelsen</p>	

Tabell E.2: Sporing av MVT2 i RCUT

Bevegelse og kommentar	Figur
<p>Svingebevegelse: Høyresving fra sideveg til hovedveg</p> <p>Kommentar: Kjøremåte A er sikret for bevegelsen</p>	
<p>Svingebevegelse: Høyresving fra sideveg direkte til retardasjonsfelt for U-sving</p> <p>Kommentar: Kjøremåte A er sikret for bevegelsen</p>	

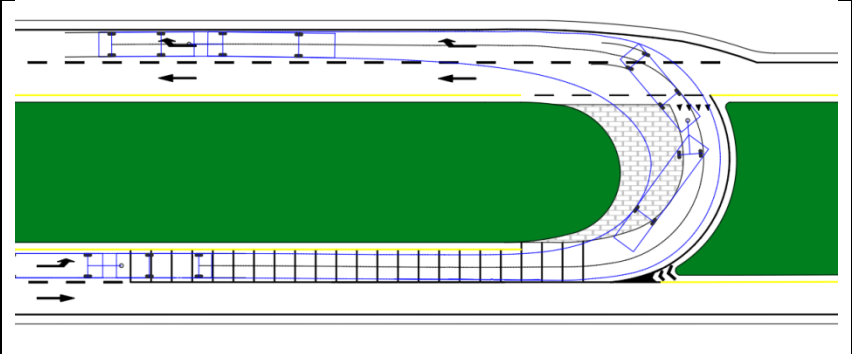
Svingebevegelse:
U-sving til hovedveg

Kommentar:
Kjøretøyet benytter noe av høyresvingefeltet som overkjørbart areal. Dette er tiltenkt.



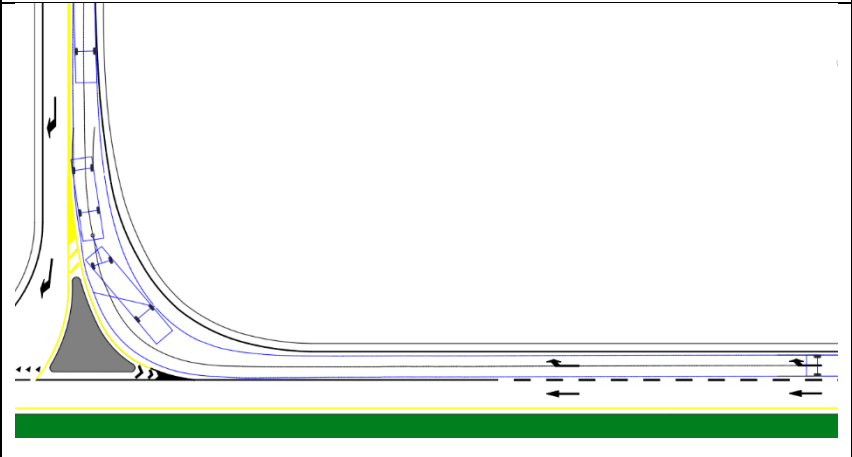
Svingebevegelse:
U-sving direkte til høyresvingefelt

Kommentar:
Kjøremåte A er sikret for bevegelsen



Svingebevegelse:
Høyresving fra hovedveg




Kommentar:
Kjøremåte A er sikret for bevegelsen














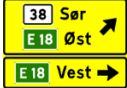
F – Skiltplan for RCUT

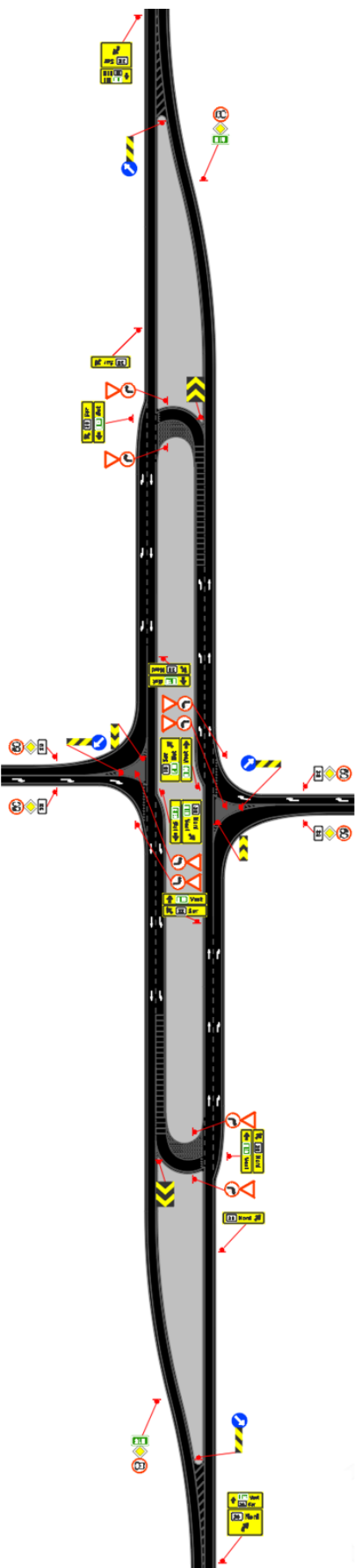
Foreslått skiltplan for RCUT er illustrert i Tegning L3. Videre følger en tabulert oversikt over benyttede standardskilt i skiltplanen. Her beskrives antall skilt av hver type, krav til plassering og eventuelle øvrige merknader. Oversikten er vist i Tabell F.1.

Tabell F.1: Forslag til anvendelse av standardskilt for RCUT

Figur	Skilt-nummer	Antall	Merknad
	202.0	8	<p>Sted: To ulike steder:</p> <ul style="list-style-type: none"> Tilfarer mot krysset langs sideveger Vikeareal for U-sving <p>Øvrig: Brukes sammen med 330 i alle tilfeller. Skiltene står på linje, og trekkes ca. 3 meter «bak» fra vikelinjen, slik at ikke sikt hindres mot venstre for vikende kjøretøy. Det anses begge steder som nødvendig å supplere med vikepliktskilt på trafikkøyt (tosidig plassering), ettersom vikepliktskiltet på høyre side står langt ut til siden.</p> <p>Diskusjon: Se diskusjon 1 (under).</p>
	330.1	4	<p>Felles for begge 330 Svingeforbud</p> <p>Krav til plassering: «I vikepliktsregulert kryss kan skilt 330 plasseres sammen med skilt 202 Vikeplikt»</p>
	330.2	4	<p>Sted: To ulike steder:</p> <ul style="list-style-type: none"> 330.2 anrettes på tilfarer på sideveg for å hindre utilsiktet kjøring i motgående retning (venstresving). 330.1 anrettes i vikeareal for U-sving for å hindre utilsiktet kjøring i motgående retning (høyresving) <p>Øvrig: Anrettes på samme stolper som 202.0</p>

			Vikeplikt. Skilt 330 skal stå under skilt 202. Diskusjon: Se diskusjon 2 (under).
	206.0	6	Krav til plassering: «Skilt 206 settes opp der forkjørsvegen begynner, og gjentas 40 - 80 m etter vegkryss». Sted: To steder: <ul style="list-style-type: none"> • Langs hovedveg: 40 - 80 m etter divergens mellom U-svingefelt og gjennomkjøring • Langs sidevegene: 40 - 80 m etter krysset Øvrig: Settes i begge tilfeller sammen med fartsgrenseskilt og vegruteskilt, i rekkefølgen «Fartsgrenseskilt - forkjørsvegskilt og vegruteskilt».
	723.11	2	Sted: Brukes i tilknytning til skilting av forkjørsveg og fartsgrense på hovedveg etter krav framsatt for ovennevnte skilt (206 og 362).
	723.15	4	Sted: Brukes i tilknytning til skilting av forkjørsveg og fartsgrense på sideveg etter krav framsatt for ovennevnte skilt (206 og 362).
	404.1	4	Retning: Høyre Sted: Benyttes på alle trafikkøyer som deler motgående trafikk. Brukes sammen med 906V. Øvrig: Brukes sammen med 906V
	362.80	2	Felles for fartsgrenseskilt i tilknytning til vegkryss: Krav til plassering: «Fartsgrensen skal gjentas etter vegkryss, slik at det alltid vil være et fartsgrenseskilt synlig innen 100 m avstand når det svinges inn på vegen. Gjentakelseskiltet plasseres på samme stolpe som eventuelle forkjørsvegskilt (206) og vegruteskilt (723), med skilt 362 øverst» Sted: Fartsskilt plasseres akkurat som beskrevet for 206, siden skiltene brukes sammen. Kravene som
	362.60	4	

			<p>stilles her er mer konservative enn de 100 meterne påkrevd i 362.</p> <p>Diskusjon: Se diskusjon 3 (under).</p>
	906.0V	4	<p>Retning: Høyre</p> <p>Sted: Benyttes på alle trafikkøyer som deler motgående trafikk.</p> <p>Øvrig: Brukes sammen med 404.1.</p>
	906.0VH	2	<p>Krav til plassering: «Trekantøyer i vegkryss kan markeres med skilt 906VH. Det må i slike tilfeller nøye påses at skiltet ikke virker sikthindrende for trafikk fra sekundærvegen. Om nødvendig kan markering med halv høyde (300 x 500 mm) anvendes.»</p> <p>Sted: Anrettes på kanten av trekantøya som skiller gjennomgangstrafikk fra høyresving fra hovedveg</p>
	912.0MS	2	<p>Krav til plassering: «Skilt 912 brukes for å markere avkjøringsveg (rampe) fra motorveg eller annen veg med høy standard. (...) Skilt 912 skal ikke anvendes i vanlige kanaliserte kryss»</p> <p>Sted: Anrettes ved divergens mellom U-svingefelt og gjennomkjøring.</p>
 (eksempel)	709.12	2	<p>Sted: Benyttes et stykke i forkant av krysset (forvarsel før kryss).</p> <p>Øvrig: Portalorienteringstavle</p>
 (eksempel)	711	2	<p>Sted: Benyttes både som forvarsling og vegvisning i kryss (noen få tilfeller).</p> <p>Øvrig: Tabellvegviser</p>
 (eksempel)	719.11	8	<p>Sted: Benyttes i umiddelbar tilknytning til krysset (vegvisning i kryss). Øvrig: Portalvegviser</p>



Skiltplan: RCUT

Tegningsnummer: L3

Tegningsdato: 04.06.2018

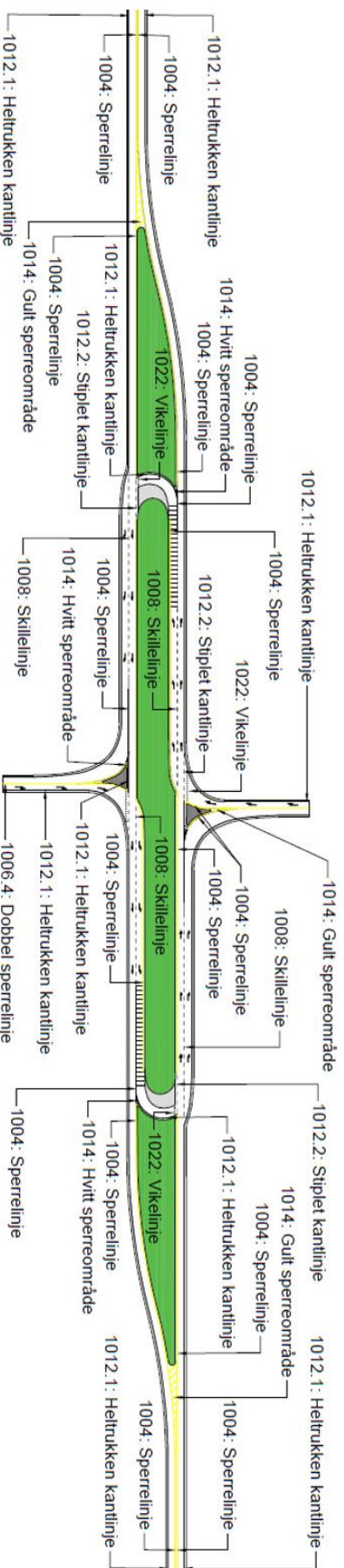
Utarbeidet av: Sturla Hauss Maltby & Markus Log

G – Oppmerkingsplan for RCUT

Et forslag til oppmerkingsplan for RCUT er vist i Tegning L4. Ettersom skiltet fartsgrense i krysset er 80 km/t, anrettes vegoppmerkingen i henhold til kolonnene for «fartsgrense 60, 70, 80 km/t» i Tabell 3.2.5. En detaljert oversikt over oppmerkingen som brukes i RCUT er vist i Tabell G.1.

Tabell G.1: Dimensjoneringstabell for oppmerking av RCUT

Linjenummer	Linjetype	Farge	Dimensjoner			Merknad
			A	B	C	
1004	Sperrelinje	Hvit	-	-	0.15	-
1004	Sperrelinje	Gul	-	-	0.15	-
1006.4	Dobbel sperrelinje	Gul	-	-	0.15	Anlegges på sidevegene i forkant av krysset
1008	Skillelinje	Hvit	2	2	0.2	Brukes som delelinje for høyresvingefelt og retardasjons/U-svingefelt
1012.1	Heltrukken kantlinje	Hvit	-	-	0.15	-
1012.2	Stiplet kantlinje	Hvit	2	2	0.15	Brukes i forbindelse med påkobling av sidevegene og i U-svingefeltet
1014	Sperreområde	Hvit	-	-	-	-
1014	Sperreområde	Gul	-	-	-	-
1022	Vikelinje	Hvit	-	-	-	Anlegges 1 meter foran stiplet kantlinje
1034	Symboloppmerking		-	-	-	-
-	Rumlestriper	Hvit	-	-	-	-



Oppmerkjingsplan: RCUT
Tegningsnummer: L4
Tegningsdato: 04.06.2018
Utarbeidet av: Sturla Hauss Maltby & Markus Log

H – Beregning av sikt til primærsignal i DDI

Minstekravet for stoppsikt for H1-veg er 70 meter, for minsteradius på 125 meter i N100. V121 stiller krav til sikt for signalregulerte tilfarter. Det framkommer at det skal være minst «ett trafikklys synlig for trafikk inn mot krysset over en lengde som minst tilsvarer 1,2 ganger stoppsikt» (V121, s. 40). Kravet til stoppsikten som skal tilfredsstilles blir dermed $1,2 \cdot 70 = 84$ meter. Dette er riktignok beregnet for en radius som er langt større enn kurvene i hovedkrysset. Det besluttes derfor å beregne stoppsikten manuelt, i tråd med faktiske forhold i krysset, etter krav i V120 og V121.

Siktkontrollen er noe forenklet, og kun ment for å illustrere størrelsesorden på siktlinjene som kreves på tilfartene. Utrekning av stoppsikt er gjort formel i Figur H.1 på bakgrunn av informasjonen i Tabell H.1 – H.3.

Tabell H.1: Fartstillegg og sikkerhetsfaktor for friksjon (V120, s. 54)

ADT	Boen- heter	<1500				1500 - 4000				4000 - 6000		6000 - 12000		12000 - 20000			> 20000		
		50	60	80	90	50	60	80	90	60	80	60	90	60	80	100	60	80	100
Hovedveger			H1	H2	H3		H1	H2	H3	H1	H4	H1	H5	H6	H7	H8	H6	H7	H9
Øvrige hovedveger			H1	H ₁			H1	H ₂		H1	H4	H1	H5	H6	H7	H8	H6	H7	H9
Samleveger	Sa1	Sa2		Sa3		Sa2		H ₂											

Tabell H.2: Fartstillegg og sikkerhetsfaktor (V120, s. 54)

Fartstillegg = 0	Sikkerhetsfaktor - friksjon 1,10
Fartstillegg = 5	Sikkerhetsfaktor - friksjon 1,25
Fartstillegg = 10	Sikkerhetsfaktor - friksjon 1,50
Fartstillegg = 15	Sikkerhetsfaktor - friksjon 1,75

Tabell H.3: Bremsefriksjon for ulike fartsgrenser og sikkerhetsfaktorer (V120, s. 20)

Sikker- hetsfaktor	Fartsgrense [km/t]						
	40	50	60	70	80	90	100
1,00	0,70	0,63	0,59	0,54	0,52	0,49	0,47
1,10	0,64	0,58	0,53	0,49	0,47	0,45	0,43
1,25	0,56	0,51	0,47	0,44	0,41	0,39	0,38
1,50	0,47	0,42	0,39	0,36	0,34	0,33	0,32
1,75	0,40	0,36	0,34	0,31	0,29	0,28	0,27

$$L_s = L_r + L_b = 0,278 \cdot t_r \cdot V + \frac{V^2}{254,3 \cdot (f_b + s)} \quad [\text{m}]$$

Figur H.1: Formel for beregning av stoppsikt (V120, s. 46)

Framgangsmåte for bestemmelse av inngangsdata:

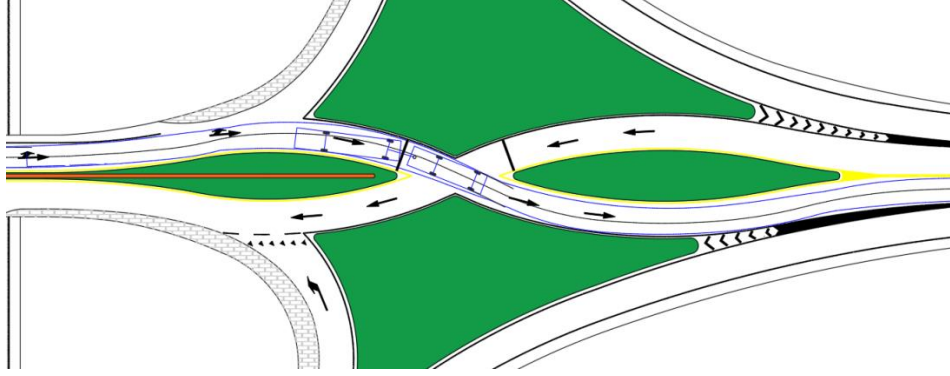

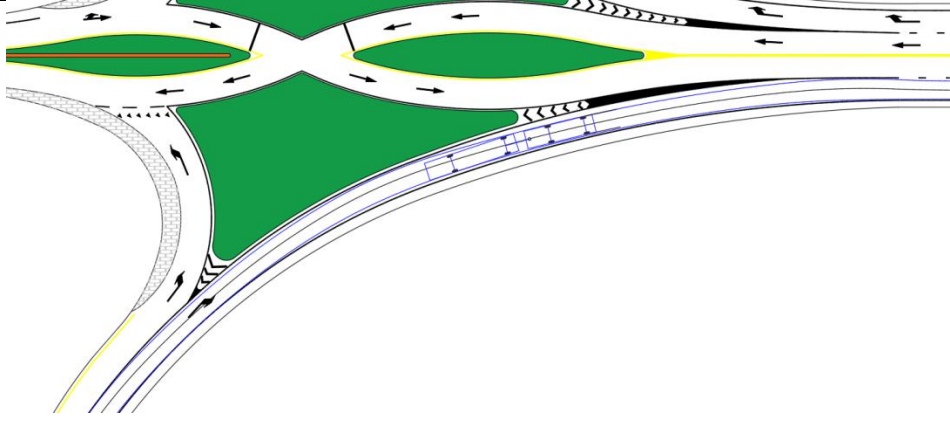
1. Tabell H.1 benyttes for H1-veg med fartsgrense 60 km/t. Her leses av fargekoden som benyttes videre i Tabell H.2 for å bestemme fartstillegget og sikkerhetsfaktor for friksjon.
2. Fartstillegg og sikkerhetsfaktor for friksjon settes til henholdsvis 5 km/t og 1,25, i henhold til Tabell H.2.
3. Skiltet fartsgrense i krysset (V) er 50 km/t. For å være på den sikre siden, brukes likevel overnevnte fartstillegg og sikkerhetsfaktor. Fra Tabell H.3 bremsefriksjon settes (f_b) lik 0,51
4. Reaksjonstiden (t_r), settes til 2 sekunder som følge av: «*dimensjonerende verdi på 2 sekunder, uavhengig av vegfunksjon, fartsgrense og trafikkmengde.*» (V120, s. 17). Stigningen (s) settes til null.

Disse inngangsparametrene gir en stoppsikt lik 53,9 meter gjennom beregningsformelen i Figur H.1. Siktkravet til primærlys for kjøretøy i hovedkryssets tilfart etableres ved å multiplisere stoppsikten med en faktor på 1,2, og blir dermed 64,7 meter.

I – Spøringskurver i DDI

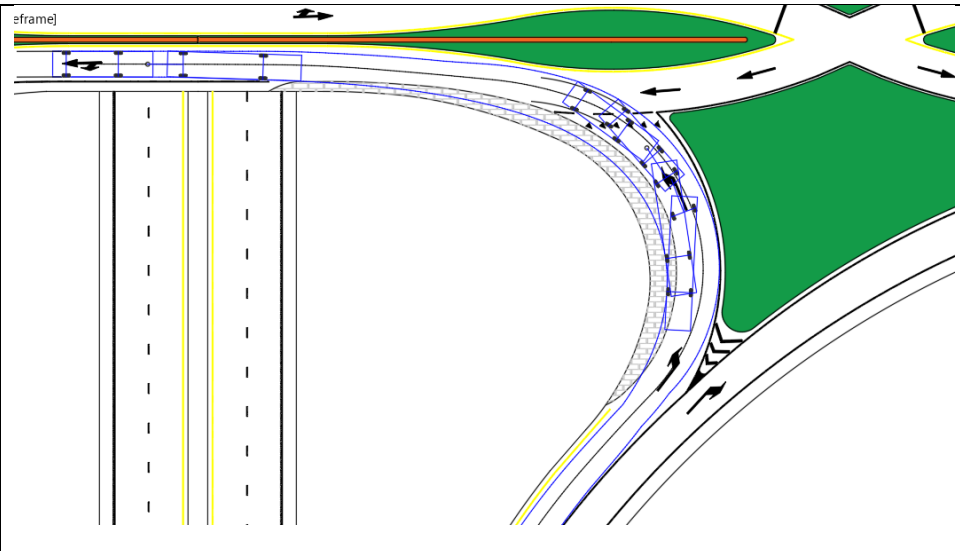
Spøringskurver for modulvogntog 1 (MVT1) og modulvogntog 2 (MVT2) i DDI er vist i henholdsvis Tabell I.1 og I.2

Tabell I.1: Sporing av MVT1 i DDI

Bevegelse og kommentar	Figur
<p>Bevegelse: Østgående gjennomkjøring</p> <p>Kommentar: Problemfritt. Kjøremåte A er sikret</p>	
<p>Bevegelse: Vestgående gjennomkjøring</p> <p>Kommentar: Problemfritt. Kjøremåte A er sikret.</p>	
<p>Bevegelse: Høyresving fra motorveg</p> <p>Kommentar: Uproblematisk. Kjøremåte A er sikret.</p>	

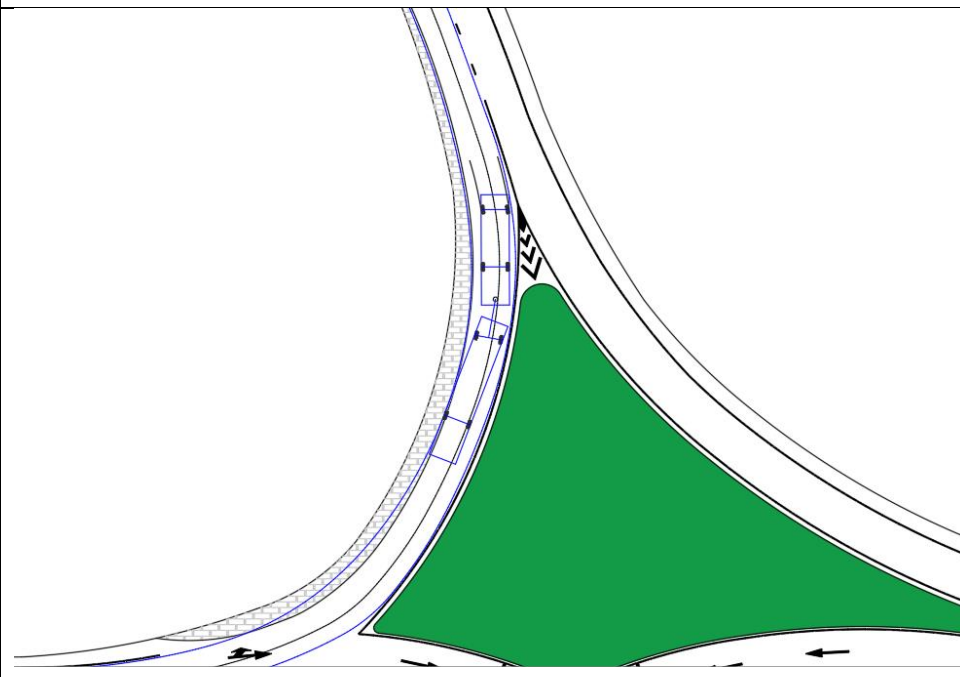
Bevegelse:
Venstresving fra motorveg

Kommentar:
Kjøremåte A er sikret. MVT benytter overkjørbart areal i innersving.



Bevegelse:
Venstresving fra sideveg

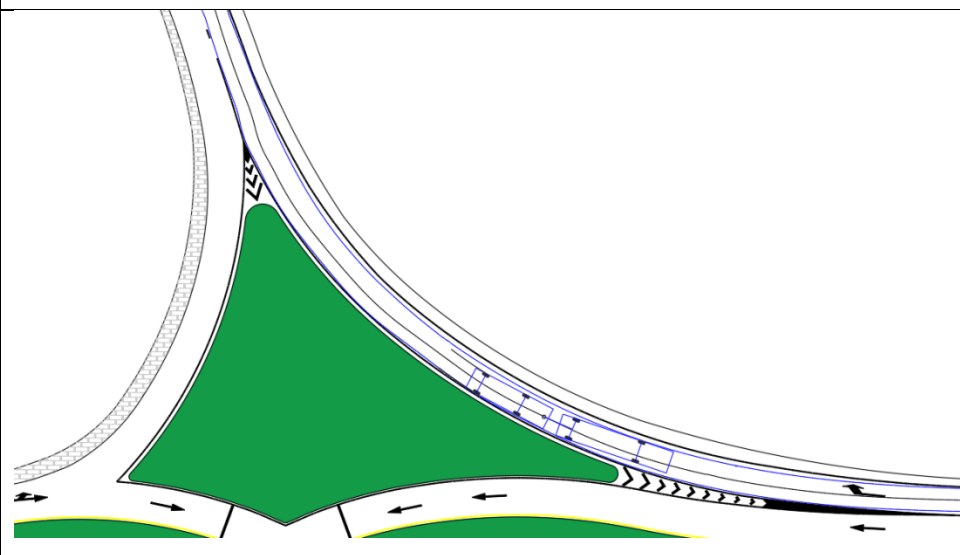
Kommentar:
Problemfritt. MVT benytter overkjørbart areal i innersving.



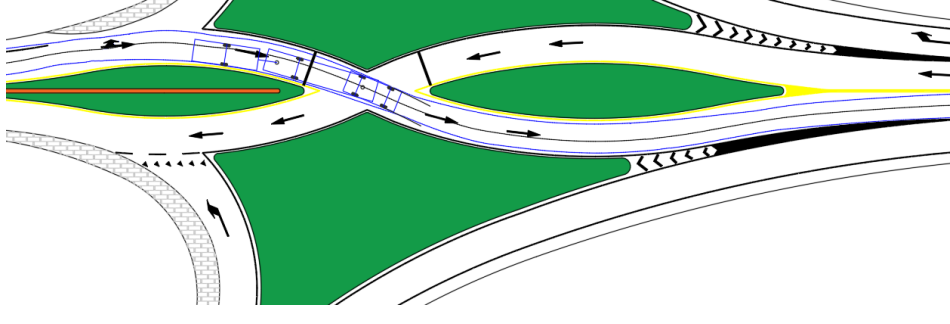
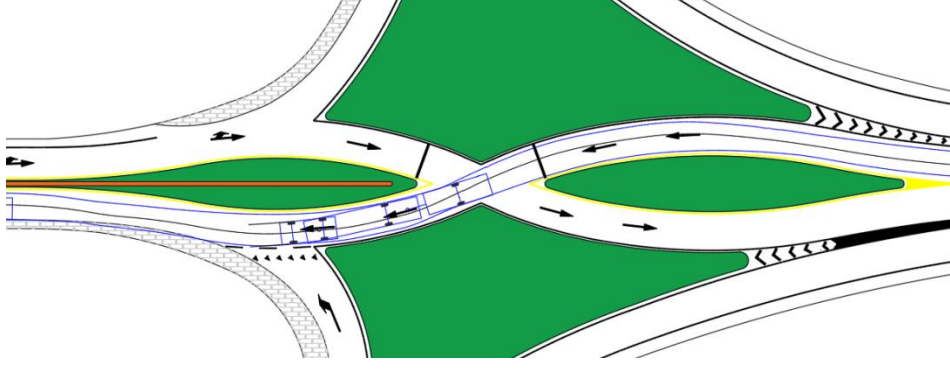
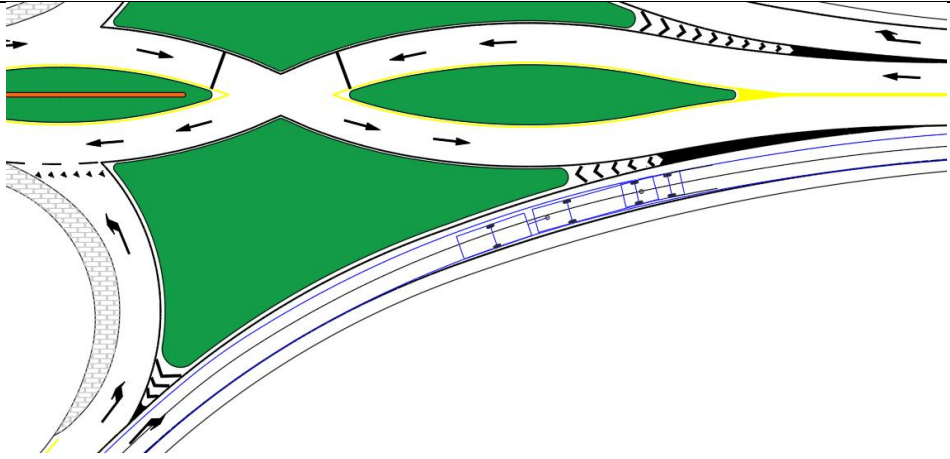
Bevegelse:
Høyresving fra sideveg

Kommentar:
Geometri utarbeidet etter sporingskurvene

Kjøremåte A er sikret.

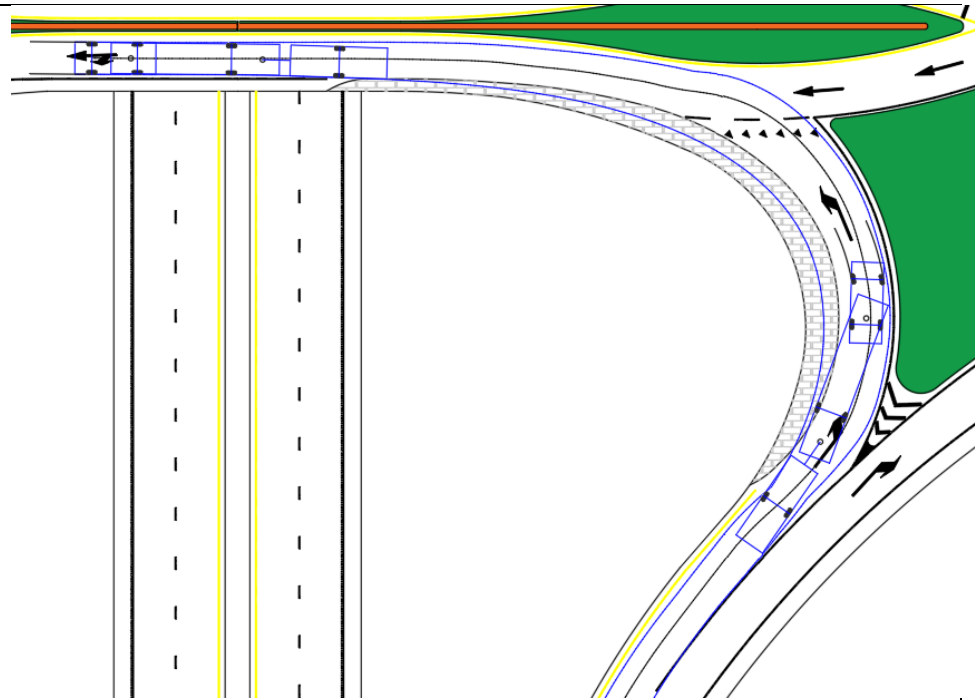


Tabell I.2: Sporing av MVT2 i DDI

Bevegelse og kommentar	Figur
<p>Bevegelse: Østgående gjennomkjøring</p> <p>Kommentar: Kjøremåte A er sikret</p>	
<p>Bevegelse: Vestgående gjennomkjøring</p> <p>Kommentar: Problemfritt. Kjøremåte A er sikret.</p>	
<p>Bevegelse: Høyresving fra motorveg</p> <p>Kommentar: Uproblematisk. Kjøremåte A er sikret.</p>	

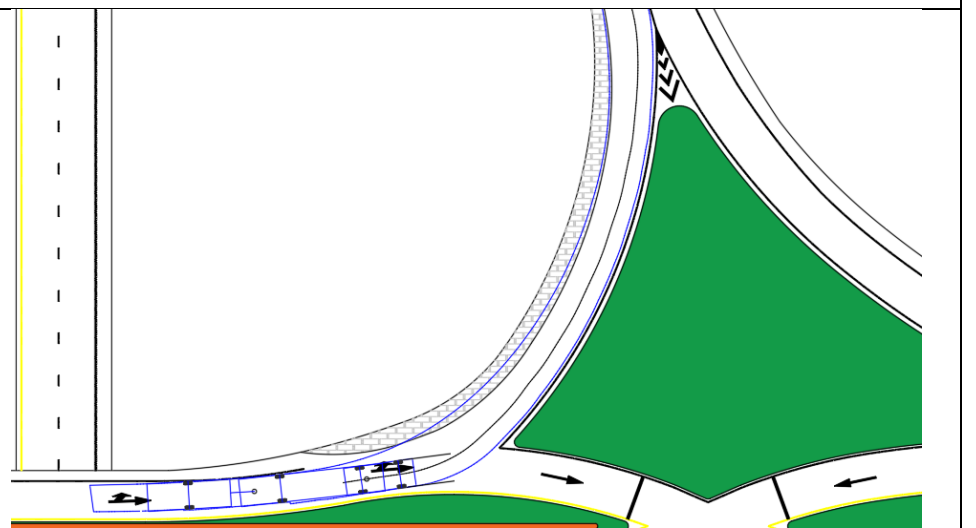
Bevegelse:
Venstresving fra motorveg

Kommentar:
Kjøremåte A er sikret. MVT benytter overkjørbart areal i innersving.



Bevegelse:
Venstresving fra sideveg

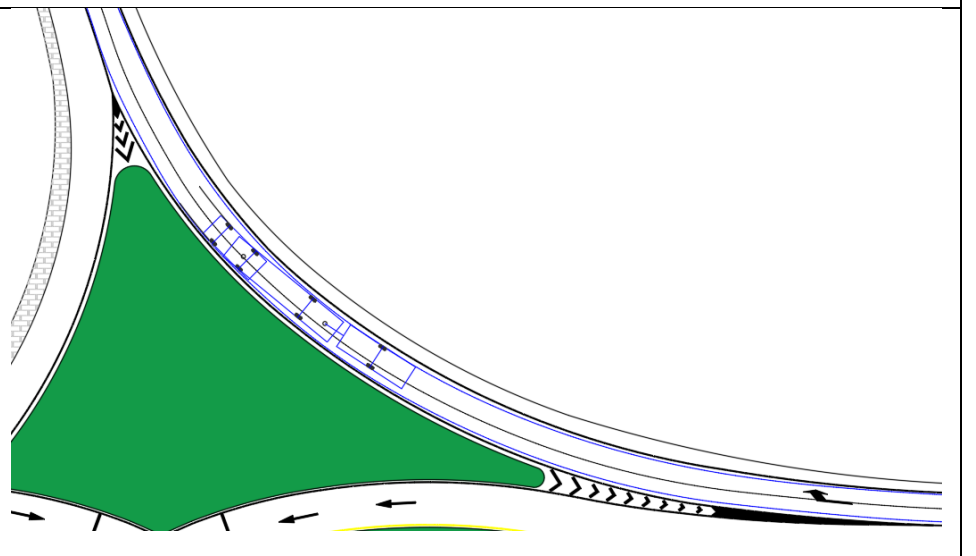
Kommentar:
Problemfritt. MVT benytter overkjørbart areal i innersving.



Bevegelse:
Høyresving fra sideveg

Kommentar:
Geometri utarbeidet etter sporingskurvene






Kjøremåte A er sikret.







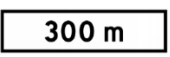


J – Skiltplan for DDI






Foreslått skiltplan for DDI er delt i tre deler, og er illustrert i Tegning L5 - L7. Videre følger en tabulert oversikt over benyttede standardskilt i skiltplanen. Her beskrives antall skilt av hver type, krav til plassering og eventuelle øvrige merknader. Oversikten er vist i Tabell J.1 og J.2.




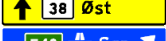



Tabell J.1: Forslag til anvendelse av standardskilt for DDI (del 1)

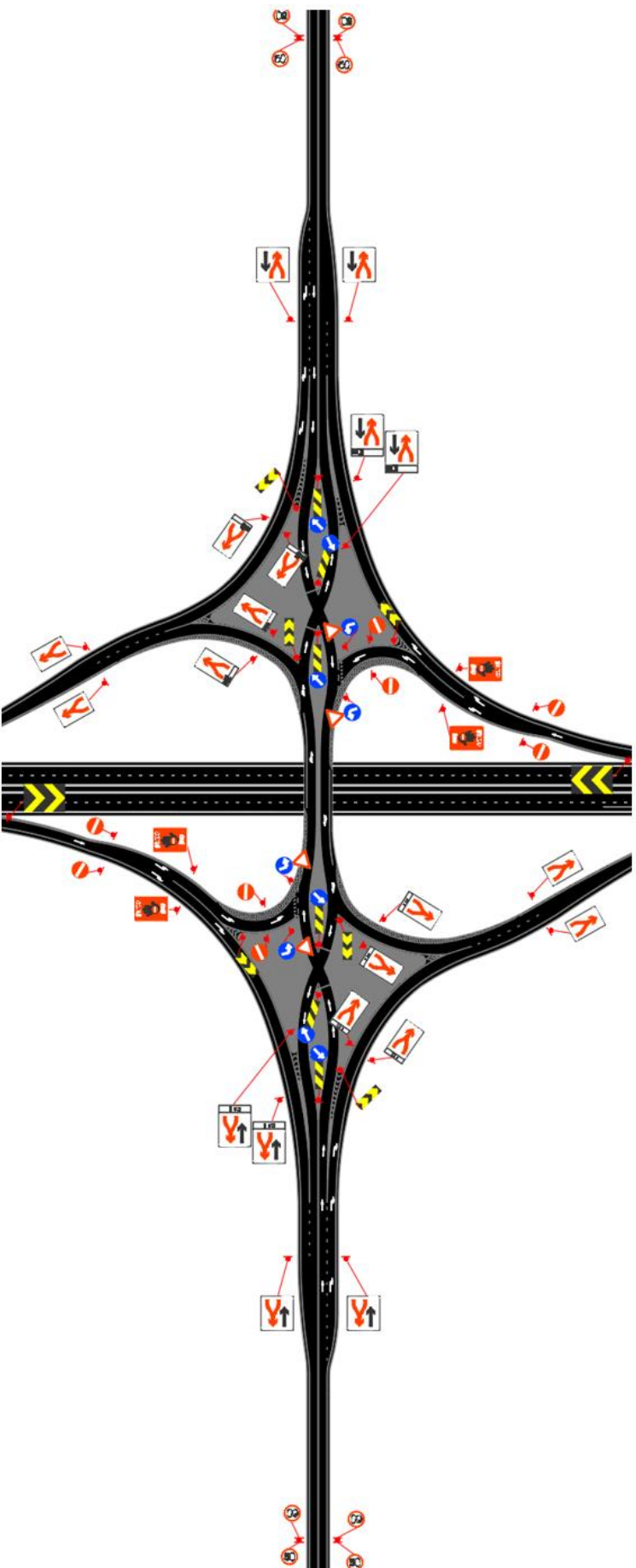
Skilttegning	Skiltnummer	Antall	Merknad
	202.0	6	<p>Sted: To ulike steder:</p> <ul style="list-style-type: none"> I hovedkryss (montert på stolper for signalanlegg) Påkobling til broen (venstresving) <p>Øvrig: Brukes sammen med 402.5 ved påkobling til broen.</p>
	302.0	8	<p>Sted: To ulike steder:</p> <ul style="list-style-type: none"> Nedre del av avkjøringsrampe, nedenfor 565.2 Ved av rampen for venstresving
	402.5	4	<p>Sted: Påkobling til broen (venstresving)</p> <p>Øvrig: Anrettes på samme stolpe som 202.0</p>
	402.3	8	<p>Sted: I hovedkryssene.</p> <p>Øvrig: Monteres øverst på signalanlegg</p>
	404.1	4	<p>Retning: Høyre</p> <p>Sted: Benyttes på alle trafikkøyer som deler motgående trafikk. Brukes sammen med 906.0V.</p> <p>Øvrig: Brukes sammen med 906.0V</p>

	404.2	2	<p>Retning: Venstre</p> <p>Sted: Benyttes på alle trafikkøyer som deler motgående trafikk. Brukes sammen med 906.0H.</p> <p>Øvrig: Brukes sammen med 906.0H</p>
	362.50	4	<p>Felles for fartsgrenseskilt i tilknytning til vegkryss:</p> <p>Krav til plassering: «Fartsgrensen skal gjentas etter vegkryss, slik at det alltid vil være et fartsgrenseskilt synlig innen 100 m avstand når det svinges inn på vegen.</p> <p>Gjentagelsesskiltet plasseres på samme stolpe som eventuelle forkjørsvegskilt (206) og vegruteskilt (723), med skilt 362 øverst»</p> <p>Sted: På sideveg i forkant av krysset</p>
	362.60	4	
	530.01	12	<p>Sted: Brukes i flettesonen mellom høyre- og venstresvingende kjøretøy på påkjøringsrampe mot motorveg</p>
	530.11	8	<p>Sted: Brukes i flettesonen mellom høyresvingende rampe og sideveg</p> <p>Øvrig: Brukes sammen med 802.0</p>
	565.0	4	<p>Sted: Monteres langs avkjøringsrampe, kun synlig ved kjøring i motsatt kjøreretning.</p>
	802.0	12 (ulik tekst)	<p>Sted: Brukes under første fletteskilt for hver fletteprosess</p>

Tabell J.2: Forslag til anvendelse av standardskilt for DDI (del 2)

Retningsmarkering og vegvisning			
	906.0VH	6	<p>Krav til plassering: «Trekantøyer i vegkryss kan markeres med skilt 906VH. Det må i slike tilfeller nøye påses at skiltet ikke virker sikthindrende for trafikk fra sekundærvegen. Om nødvendig kan markering med halv høyde (300 x 500 mm) anvendes.»</p> <p>Sted: Anrettes på hjørnene av delende trafikkøyer der trafikken føres på begge sider.</p>
	912.0MS	2	<p>Krav til plassering: «Skilt 912 brukes for å markere avkjøringsveg (rampe) fra motorveg eller annen veg med høy standard. (...) Skilt 912 skal ikke anvendes i vanlige kanaliserte kryss»</p> <p>Sted: Anrettes ved divergens mellom avkjøringsrampe og motorveg.</p>
	906.0V og 906.0H	4	<p>Sted: Benyttes på alle trafikkøyer som deler motgående trafikk.</p> <p>Øvrig:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 906.0V brukes sammen med 404.1. • 906.0H brukes sammen med 404.2
  (eksempler)	713	4 (to av hver type)	<p>Sted:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gul bakgrunn benyttes ved påkobling av venstresving på broen • Blå bakgrunn benyttes ved avsving mot motorveg <p>Øvrig: Portalorienteringstavle</p>

     <p>(eksempler)</p>	719.11	4 (to av hver type)	Sted: <ul style="list-style-type: none"> • «Dobbel 719.11 (gul)»: Benyttes på avkjøringsrampe for motorveg før venstre- og høyresvingefelt divergerer • «Trippel 719.11 (blå)»: Benyttes på sideveg i forkant av krysset
 	904.0H og 904.0V	8 stk. 0H og 6 stk. 0V	Sted: To ulike steder: <ul style="list-style-type: none"> • 0H: Høyresvingefeltet mot motorveg • 0V: Venstresvingefeltet mot motorveg

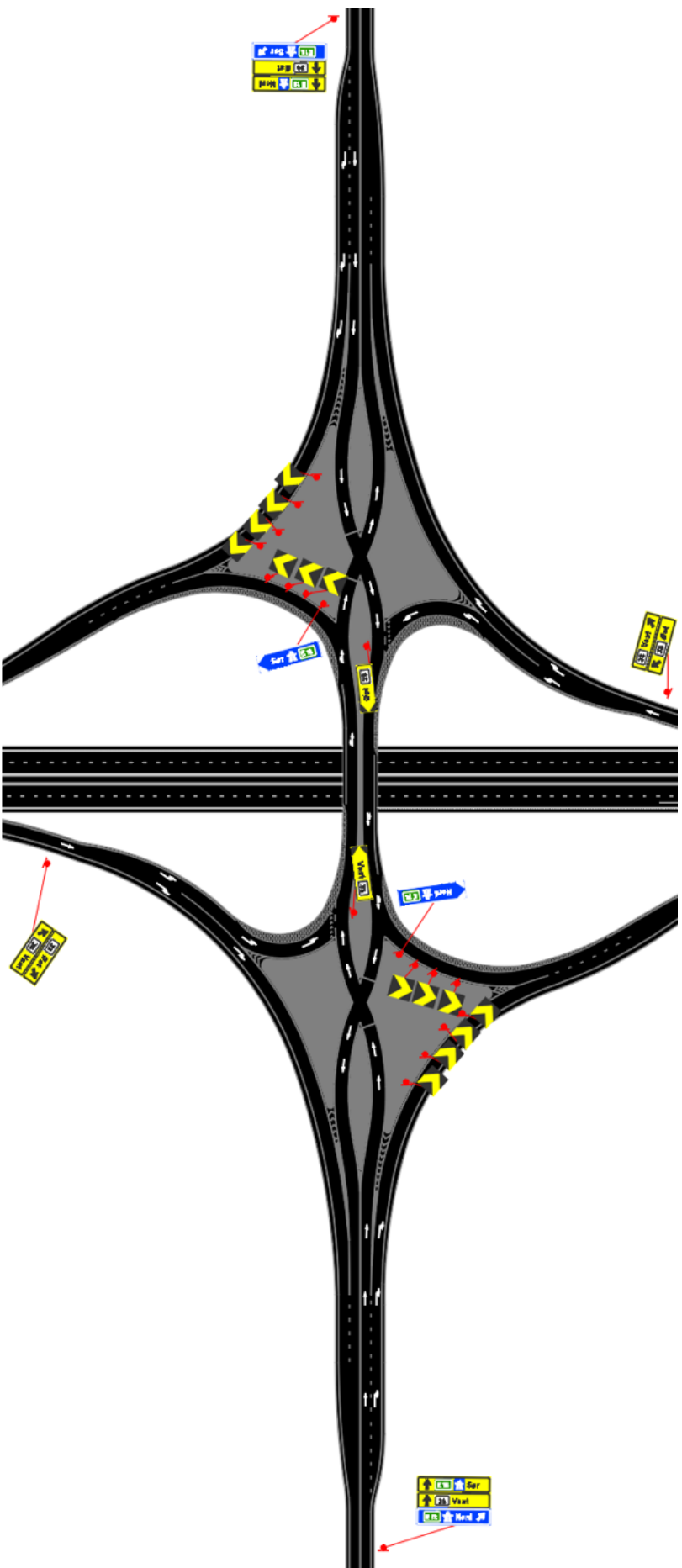


Skiltplan: DDI (1 av 3)

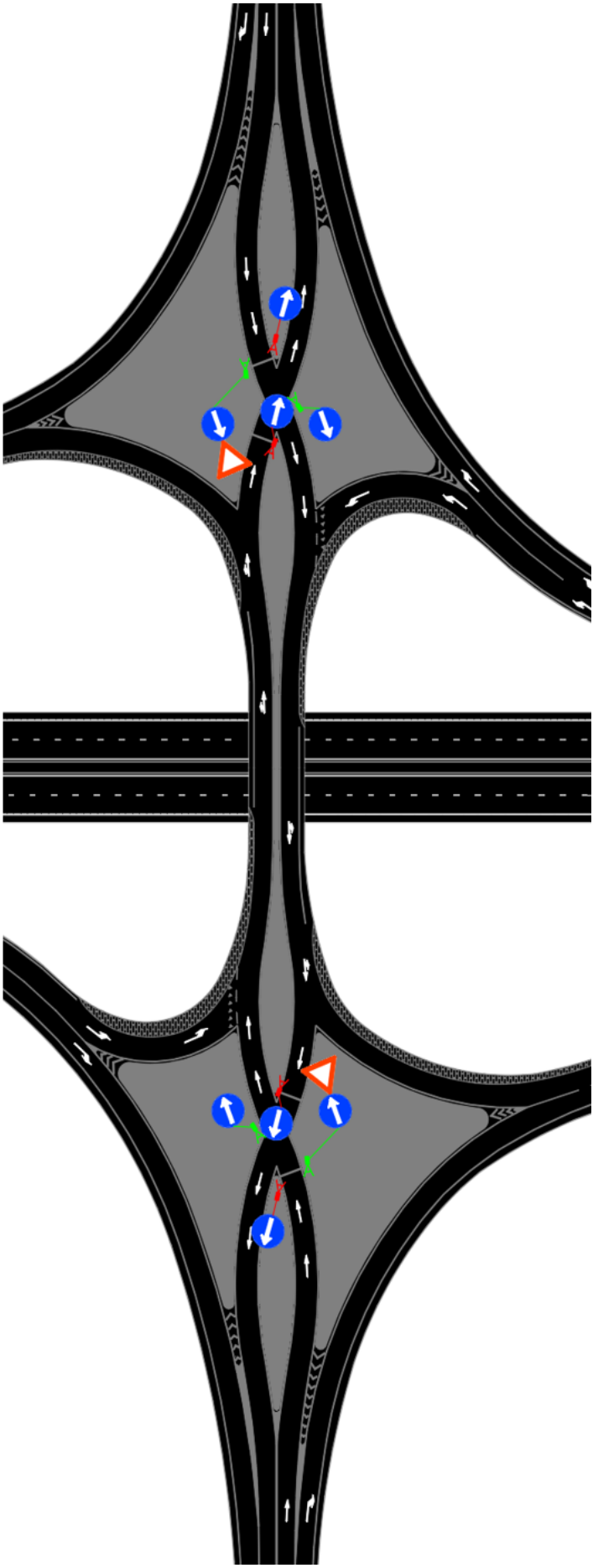
Tegningsnummer: L5

Tegningsdato: 04.06.2018

Utarbeidet av: Sturla Hauss Maltby & Markus Log



Skiltplan: DDI (2 av 3)
Tegningsnummer: L6
Tegningsdato: 04.06.2018
Utarbeidet av: Sturla Hauss Maltby & Markus Log



Skiltplan: DDI (3 av 3)

Tegningsnummer: L7

Tegningsdato: 04.06.2018

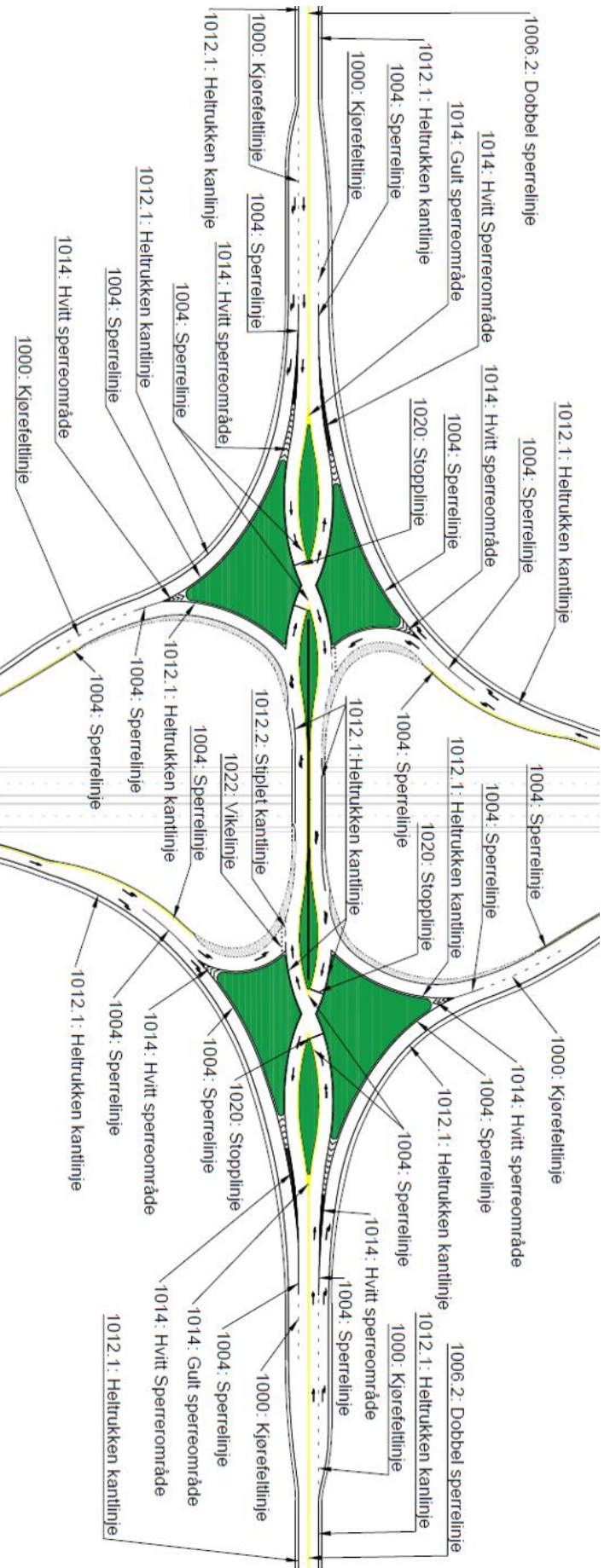
Utarbeidet av: Sturla Hauss Maltby & Markus Log

K – Oppmerkingsplan for DDI

Et forslag til oppmerkingsplan for DDI er vist i Tegning L8. Ettersom skiltet fartsgrense i krysset er 50 km/t, anrettes vegoppmerkingen i henhold til kolonnene for «fartsgrense ≤ 50 km/t» i Tabell 3.2.5. En detaljert oversikt over oppmerkingen som brukes i DDI er vist i Tabell K.1.

Tabell K.1: Dimensjoneringstabell for oppmerking av DDI

Linjenummer	Linjetype	Farge	Dimensjoner			Merknad
			A	B	C	
1000	Kjørefeltlinje	Hvit	1	3	0,10	Brukes som delelinje
1004	Sperrelinje	Hvit	-	-	0,10	C settes til 0,15 på av- og påkjøringsrampene
1004	Sperrelinje	Gul	-	-	0,10	-
1006.4	Dobbel sperrelinje	Gul	-	-	0,10	Anlegges på sideveg i forkant av kryssområdet
1012.1	Heltrukken kantlinje	Hvit	-	-	0,10	-
1012.2	Stiplet kantlinje	Hvit	2	2	0,10	Brukes i forbindelse med venstresvingefeltets påkobling til sidevegen.
1014	Sperreområde	Hvit	-	-	-	-
1014	Sperreområde	Gul	-	-	-	-
1020	Stopplinje	Hvit	-	-	0,25	Anlegges i forbindelse med trafikksignal på sidevegen.
1022	Vikelinje	Hvit				Anlegges 1 meter foran stiplet kantlinje.
1034	Symboloppmerking					



Oppmerksomhetsplan: DDI

Tegningsnummer: L8

Tegningsdato: 04.06.2018

Utarbeidet av: Sturla Hauss Maltby & Markus Log

L – Beregning av omløpstid i DDI

Beregning av optimal omløpstid er gjort etter krav i kapittel 2.5.4 i Håndbok V322, som følger Websters metode. I henhold til Webster, beregnes optimal omløpstid, C_0 etter formelen:

$$C_0 = \frac{1.5 \cdot L + 5}{1 - Y}$$

Generell framgangsmåte

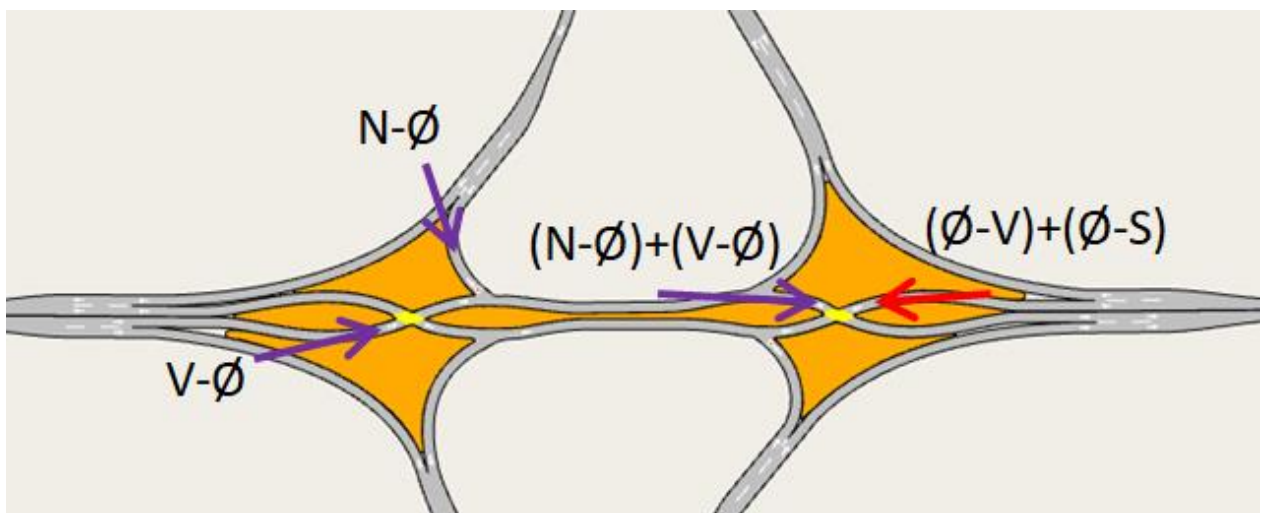
Metningsvolum for trafikk rett fram i feltet settes til 1800 kjt/t.

Summen av all tapt tid i anlegget betegnes som L, og er summen av allrød, rød/gul og ikke-utnyttbar gultid i omløpet.

- Allrød tid settes til 2 sekunder (4 sek per omløp)
- Gultid settes til 3 sekunder i tråd med N303, kapittel 4.7.4 (6 sek per omløp). Det antas at kjøretøy avvikles gjennom halvparten av gultiden, slik at 3 sekunder per omløp anses som bidrag til effektiv grøntid.
- Rød/gul tid settes til 1 sekund i tråd med N303, kapittel 4.7.5 (2 sek per omløp)

Tapt tid, L, settes dermed til 9 sekunder for omløpet, for alle trafikkbelastningstilfellene.

Trafikkvolumet som inngår i beregningene avhenger av OD-matrisen som benyttes. Trafikkstrømmene i figuren under inngår i beregningen for omløpstid for østre hovedkryss. Tilsvarende gjelder vestre hovedkryss, grunnet geometrisk symmetri.



Figur L.1: Trafikkstrømmer som inngår i beregning av omløpstid (østre kryss)

Tabell L.1: Trafikkvolumer som inngår ved beregning av lastfaktor

Tilfart	Vestre kryssområde	Østre kryssområde
1	(Sør til vest) + (Øst til vest)	(Nord til øst) + (Vest til øst)
2	(Vest til øst) + (Vest til nord)	(Øst til vest) + (Øst til sør)

«Y» i formelen for optimal oppløpstid beregnes som summen av relativ metningsgrad for hver tilfart:

$$Y = Y_{(\emptyset \text{ til V})+(\emptyset \text{ til S})} + Y_{(\text{N til } \emptyset)+(\text{V til } \emptyset)}$$

Beregne relativ metningsgrad for hver tilfart:

$$Y_{(\emptyset \text{ til V})+(\emptyset \text{ til S})} = \frac{q_i}{s_i} = \frac{\text{trafikkvolum}}{\text{metningsvolum}} = \frac{(\emptyset \text{ til V}) + (\emptyset \text{ til S})}{\text{metningsvolum}}$$

$$Y_{(\text{N til } \emptyset)+(\text{V til } \emptyset)} = \frac{q_i}{s_i} = \frac{\text{trafikkvolum}}{\text{metningsvolum}} = \frac{(\text{N til } \emptyset) + (\text{V til } \emptyset)}{\text{metningsvolum}}$$

På bakgrunn av inngangsparametrene beregnes optimal omløpstid, C_0 , og rundes opp til nærmeste hele «femmer». Ettersom signalreguleringen innehar to faser, legges enda et sekund til i overslaget dersom nærmeste heler «femmer» er et oddetall.

Deretter beregnes effektiv grøntid separat for hver fase:

$$g_{(\emptyset \text{ til V})+(\emptyset \text{ til S})} = \frac{Y_{(\emptyset \text{ til V})+(\emptyset \text{ til S})}}{Y} \cdot (C_0 - L)$$

$$g_{(\text{N til } \emptyset)+(\text{V til } \emptyset)} = \frac{Y_{(\text{N til } \emptyset)+(\text{V til } \emptyset)}}{Y} \cdot (C_0 - L)$$

Grøntidene avrundes henholdsvis opp og ned, for å samsvare omløpets allerede bestemte lengde.

$$g_{(\emptyset \text{ til V})+(\emptyset \text{ til S})} + g_{(\text{N til } \emptyset)+(\text{V til } \emptyset)} = C_0 - L$$

Deretter etableres passende faseplaner, bestående av effektiv grønn- og rødtid.

Beregning av omløpstid for «lav» trafikkbelastning

Tabell L.2: Trafikkvolumer for «lav» trafikkbelastning ved beregning av omløpstid

Tilfart	Vestre kryssområde	Østre kryssområde
1	$350 + 50 = 400$	$350 + 50 = 400$
2	$75 + 350 = 425$	$75 + 350 = 425$

Lastfaktorene blir som følger:

$$Y_{(\emptyset \text{ til V})+(\emptyset \text{ til S})} = \frac{\text{trafikkvolum}}{\text{metningsvolum}} = \frac{400}{1800}$$

$$Y_{(N \text{ til } \emptyset)+(V \text{ til } \emptyset)} = \frac{\text{trafikkvolum}}{\text{metningsvolum}} = \frac{425}{1800}$$

$$Y = \frac{400}{1800} + \frac{425}{1800}$$

innsatt verdier tilhørende «lav» trafikkbelastning:

$$C_0 = \frac{1.5 \cdot L + 5}{1 - Y} = \frac{1.5 \cdot 9 + 5}{1 - \left[\frac{425}{1800} + \frac{400}{1800} \right]} = 34.2 \approx 36 \text{ sek}$$

Videre beregnes grønntiden separat for hver fase:

Fase 1:

$$g_{(\emptyset \text{ til V})+(\emptyset \text{ til S})} = \frac{\frac{400}{1800}}{\frac{400}{1800} + \frac{425}{1800}} \cdot (36 - 9) = 13.1 \text{ sek}$$

Fase 2:

$$g_{(N \text{ til } \emptyset)+(V \text{ til } \emptyset)} = \frac{\frac{425}{1800}}{\frac{425}{1800} + \frac{400}{1800}} \cdot (36 - 9) = 13.9 \text{ sek}$$

Deretter avrundes grønntidene for å samsvare med $C_0 - L$:

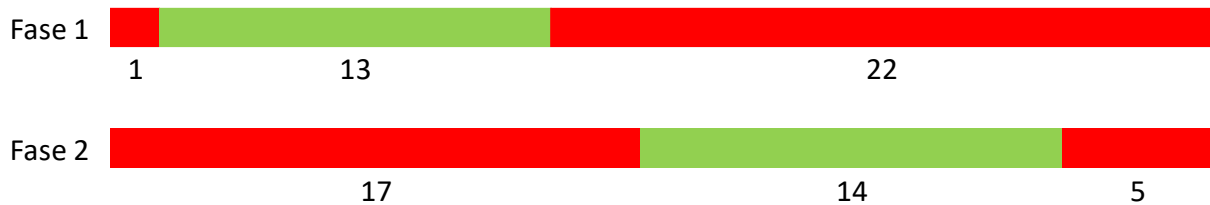
$$g_{(\emptyset \text{ til V})+(\emptyset \text{ til S})} \approx 13 \text{ sek}$$

$$g_{(N \text{ til } \emptyset)+(V \text{ til } \emptyset)} \approx 14 \text{ sek}$$

På bakgrunn av dette foreslås følgende faseplan:

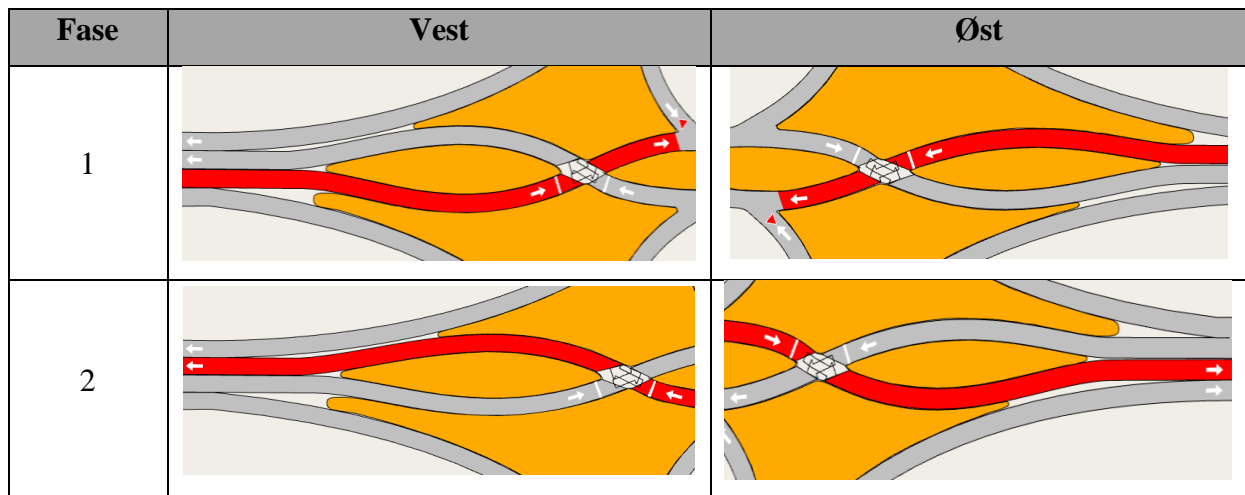
Tabell L.3: Oppbygning av omløpstiden for trafikkbelastning «lav»

Fase	Omløpstid(s)	Effektiv grønn (s)	Effektiv rød (s)
1	36	13	23
2	36	14	22



Figur L.2: Forslag til faseplan for trafikkbelastning «lav».

Tabell L.4: «Samkjøring» av signalfaser i vestre og østre hovedkryss

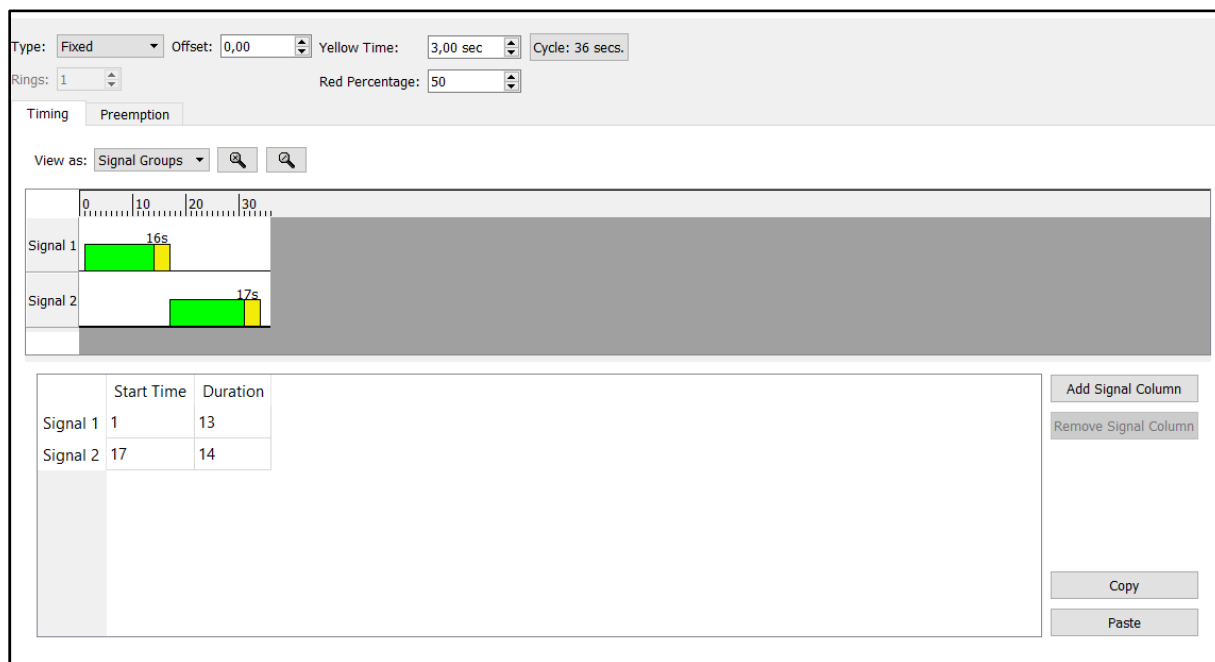


Fase 1 begynner samtidig i begge hovedkryss. Det samme gjelder fase 2. Dette medfører at ingen av retningene favoriseres på bekostning av den andre, og anses som et hensiktsmessig utgangspunkt for trafikkmodelleringen.

Samme framgangsmåte benyttes for å beregne omløpstid og grøntid for trafikkmengdene «middels», «høy» og «høy avsving».

I utgangspunktet virker det fornuftig å forskyve signalplanen slik at gjennomkjørende sidevegtrafikk får «grønn bølge». Ettersom gjennomkjøringsretningene krysser hverandre

medfører den ene retningens grønne bølge, at trafikflyten i den andre retningen blir dårligere. Dette står i motsetning til konvensjonelle signalregulerte ruteranlegg, hvor det brukes egne faser for å avvikle høyre- og venstresvingebevegelser. I slike kryss kan «rett fram»-bevegelsen på sidevegen anrettes med samordning. I DDI-kryss som er preget av ulik trafikkstrøm i ulike tider av døgnet, kan det riktignok anrettes grønn bølge som favoriserer rushtidstrafikken. I Aimsun defineres signalreguleringen som vist i Figur L.3 for «lav» trafikkbelastning.



Figur L.3: Kontrollplan for signalregulering av «lav» trafikkbelastning i Aimsun