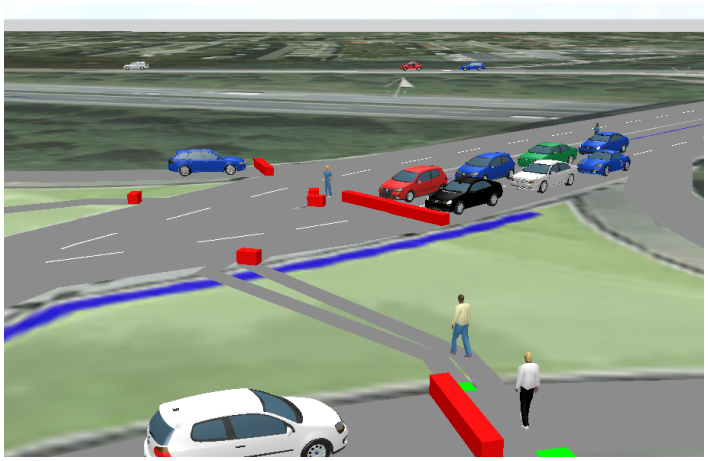
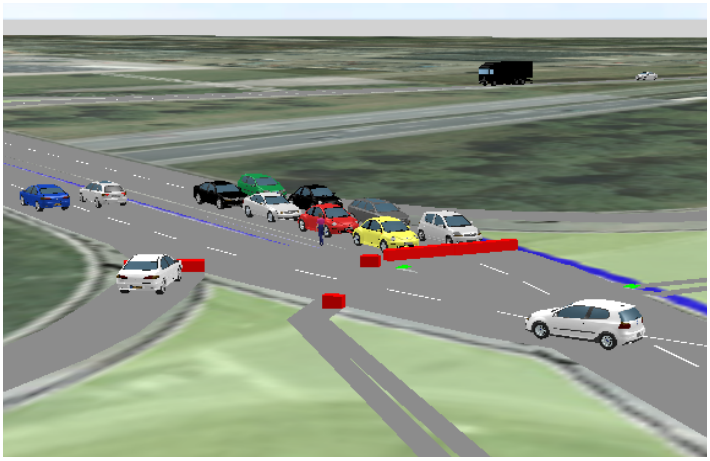
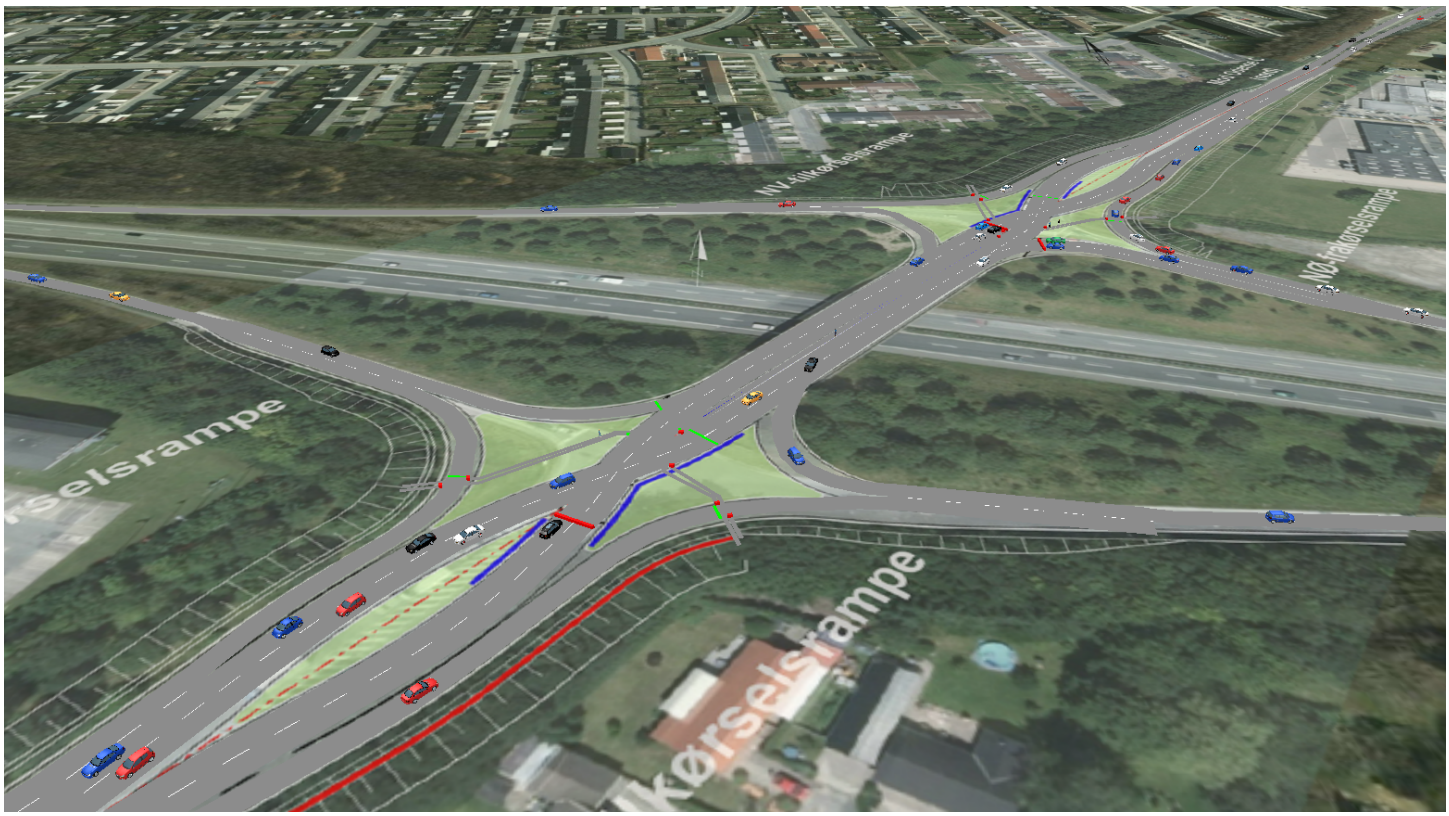




Dynamiske Ruderanlæg

Implementering i Danmark



AALBORG UNIVERSITET – AFGANGSSPECIALE – VEJE OG TRAFIK
CHARLOTTE ØSTERGAARD PEDERSEN OG THOMAS NISSEN

AALBORG UNIVERSITET
STUDENTERRAPPORT

Det Teknisk-Naturvidenskabelige Fakultet
Institut for Byggeri og Anlæg
Sofiendalsvej 9-11
9200 Aalborg SV
Telefon: 99 40 84 84
http://www.byggeri.aau.dk

Titel: Dynamiske Ruderanlæg
Tema: Dynamiske ruderanlæg og implementering i Danmark
Projektperiode: 1. februar - 8. juni 2016
Deltagere:

Charlotte Østergaard Pedersen

Thomas Nissen

Vejleder:
Harry Lahrmann

Oplagstal: 4
Sidetal: 112
Bilagsantal: 4
Afsluttet den: 8. juni 2016

Synopsis

Rapporten omhandler dynamiske ruderanlæg og hvordan disse kan anvendes i Danmark efter danske forhold. Der tages udgangspunkt i et litteraturstudie, hvor umiddelbar tilgængelig viden og erfaringer fra USA samles. Her er bl.a. fokus på opbygning, trafikafvikling og trafiksikkerhed. Et dynamisk ruderanlæg analyseres gennem simuleringer i programmet VISSIM, og sammenlignes herefter med simuleringer af et traditionelt ruderanlæg og et anlæg med to rundkørsler. Der tages udgangspunkt i tilslutningsanlæg 52 Odense SV. De tre tilslutninger sammenlignes ift. trafikafvikling, rejsetider og kølængder. Desuden undersøges et-sporede dynamiske ruderanlæg som udformning ved let trafikkerede tilslutningsanlæg som mulig løsning på trafiksikkerhedsproblemer. Yderligere undersøges det, hvordan et dynamisk ruderanlæg påvirkes, hvis bløde trafikanter inkluderes i anlægget - både ud fra en trafikafviklings- og trafiksikkerhedsmæssig synsvinkel.

På baggrund af simuleringerne vurderes dynamiske ruderanlæg langt at foretrække ud fra de undersøgte parametre. Et et-sporet dynamisk ruderanlæg vil på baggrund af simuleringer og vurderinger kunne anvendes som et trafiksikkerhedstiltag ved lettere trafikerede tilslutningsanlæg. Trafiksikkerhedsmæssigt anbefales et separat anlæg til bløde trafikanter.

Abstract

Road network worldwide often experience unwanted situations like congestion, on a daily basis. Statistics indicates that the future will bring even more traffic, than what is experienced today. The increase in traffic is currently causing traffic problems, which may only increase with time unless action is taken. To improve traffic operations a new type of interchange between arterial roads and motorways was developed in the US in the 00s. The interchange is now know as a *Diverging Diamond Interchange* (DDI). The DDI has been analysed and tested. Since 2009, 64 interchanges have been built – a number, which is increasing rapidly. The interchange has become so popular due to the increase in traffic operations, traffic safety and the relatively low cost associated with the rebuild from a conventional diamond to a diverging diamond interchange.

The object of this report is to analyse the diverging diamond interchange with the view of implementing this design as a part of the Danish road network.

This report consists of two parts – a litterateur study and an analysis. The litterateur study is based on American research and analyses. The focus includes the design of the DDI, and how geometrics can improve traffic safety, the driving experience, assure speed doesn't exceed the limit and the correct signage. Furthermore the study includes traffic safety, the development in conflict points and collisions, the actual and the experienced traffic safety and considerations about having pedestrians as a part of the interchange. At last the development of operational performance is studied and the possibilities of simulating the DDI in a microscopic simulation.

The second part consists of a microscopic simulation of two common Danish interchanges compared with the DDI. The simulated Danish interchanges are respectively a conventional signalised diamond interchange and an interchange with two roundabouts. The interchanges are compared based on travel time, congestion and queue lengths. Simulations are based on seven different scenarios, which all aims to challenge different aspects of the interchanges. There are e.g. two scenarios, which include vulnerable road users to determine their best possible location in a DDI.

There are four locations in Denmark where a rebuild from the current interchange into a DDI is possible according to the current traffic flow. However there are 17 interchanges with less traffic, which may benefit of being rebuild into a DDI. Therefore a simpler version of the DDI with only one lane in each direction is analysed according to on travel time, congestion and queue lengths as well.

Based on the litterateur study and the simulations it can be concluded that a diverging diamond interchange is highly recommended as a new interchange design in Denmark. However it is recommended to locate vulnerable road users in a separate crossing or locate them on the outside of the interchange and make them give way to vehicles.

Forord

Dette speciale er udarbejdet af Charlotte Østergaard Pedersen og Thomas Nissen og udgør afslutningen på kandidatuddannelsen i Veje og Trafik ved Aalborg Universitet i foråret 2016.

Rapporten består af to dele, hvor Del 1 er et litteraturstudie og Del 2 er en analyse, der bl.a. er foretaget gennem simuleringsprogrammet VISSIM. Rapporten indeholder yderlige en separat bilagsrapport. Der er adgang til alle elektroniske bilag via linket:

https://drive.google.com/open?id=0B_ELtVJs3rRlBLdkZVc2dCMXM

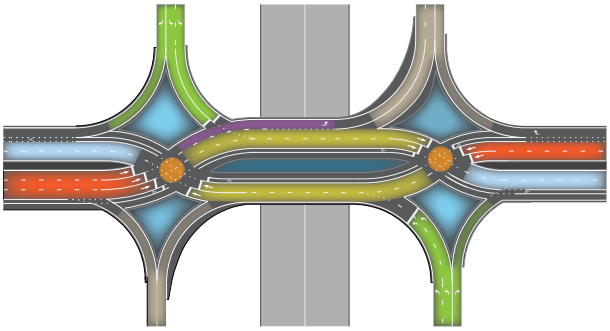
Relevante videoer af simuleringer på YouTube-kanalen DDI speciale via linket:

https://www.youtube.com/channel/UCGFF3QoBB6NIY4zH4QgjaAA

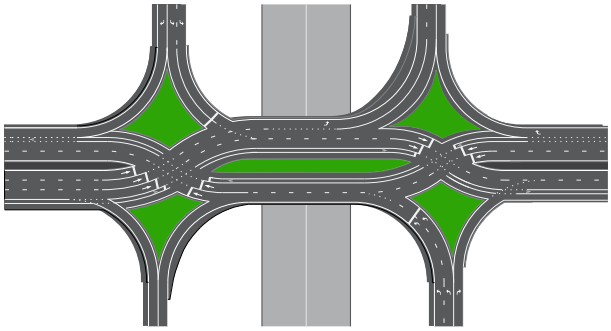
En stor tak rettes til Harry Lahrmann for vejledning gennem processen, Rasmus Albrink fra COWI for hjælp og vejledning i VISSIM og VISVAP, Eric Rasband fra Utah Department Of Transportation for adgang til litteratur og til Annette Jørgensen fra Vejdirektoratet for data og hjælp.

Læsevejledning

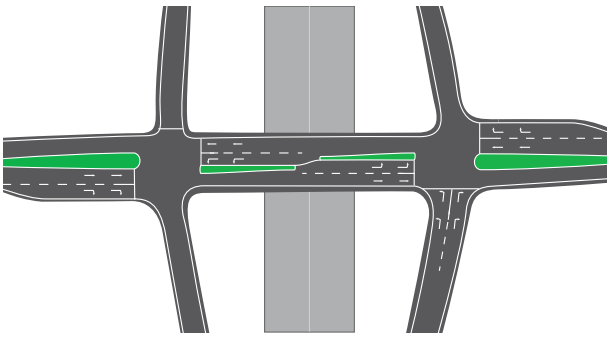
Der anvendes Harvardmetoden til referencer i rapporten, og bagerst i rapporten findes en litteraturliste. Kilder henvises til i hhv. passiv form med [Efternavn, år] eller aktiv form med Efternavn [år]. Hvis en eller flere kilder anvendes generelt i et helt afsnit, angives kilden efter sidste sætning i afsnittet. Figurer og tabeller er nummereret efter kapitel, og hvis andet ikke er angivet, er disse udarbejdet af gruppen. Er figurer redigeret af gruppen, vil disse være markeret med *. Basisfiguren af det dynamiske ruderanlæg, som er illustreret på figur 2, er tegnet med udgangspunkt i figur 1. Gennem rapporten markeres denne dog ikke med *. Yderligere anvendes figur 3 og figur 4 som basisfigurer for hhv. et traditionelt ruderanlæg og et tilslutningsanlæg med to rundkørsler. Rapporten er opdelt i en hovedrapport og en bilagsrapport. Illustrationer, tabeller, grafer m.m. i bilagsrapporten er større udgaver og/eller mere detaljerede udgaver af dem i hovedrapporten eller ekstra illustrationer, som ikke er taget med i hovedrapporten. Overskrifter på bilag svarer til overskrifter i hovedrapporten, og indholdet kommer i kronologisk rækkefølge.



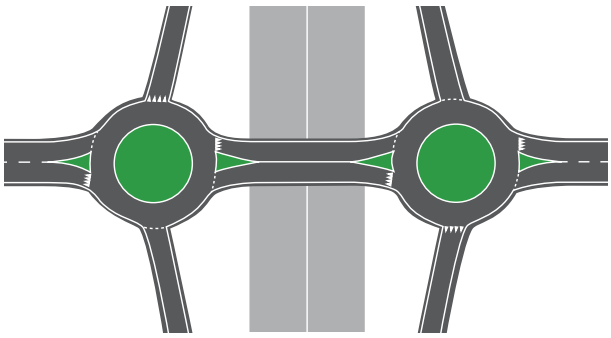
Figur 1: Illustration af et dynamisk ruderanlæg.[Schroeder et al., 2014]



Figur 2: Illustration af et dynamisk ruderanlæg, som anvendes som basisfigur gennem rapporten.



Figur 3: Illustration af et traditionelt ruderanlæg.



Figur 4: Illustration af et tilslutningsanlæg med to rundkørsler.

I rapportens første del *Del 1- Litteraturstudie* fokuseres primært på dynamiske ruderanlæg og erfaringerne hermed. Studiet er baseret på amerikansk litteratur, og amerikanernes erfaringer og analyser af dynamiske ruderanlæg. Flere kilder sammenligner dynamiske ruderanlæg med traditionelle ruderanlæg. Da det ønskes at sammenligne både de to typer ruderanlæg og et tilslutningsanlæg med to rundkørsler, beskrives sidstnævnte tilslutningsanlæg i enkelte sammenligninger dog kun perifert, da den egentlige sammenligning foretages i rapportens Del 2.

I rapportens anden del *Del 2 - Analyse* fokuseres der på sammenligningen af de tre typer af tilslutningsanlæg, der beskrives i Del 1. Tilslutningsanlægget ved tilslutning 52 Odense SV præsenteres, og med udgangspunkt heri undersøges effektiviteten af dynamiske ruderanlæg under danske forhold. Effektiviteten af dynamiske ruderanlæg sammenlignes med traditionelle ruderanlæg og tilslutningsanlæg med to rundkørsler. Dette gøres med henblik på at bestemme, hvornår hvilken tilslutningstype vil være relevant i Danmark. Der foretages yderligere analyse af, om en ombygning af til dynamisk ruderanlæg vil kunne gøre denne type af tilslutningsanlæg relevant i anlæg med både høje og lave trafikmængder.

Indholdsfortegnelse

Kapitel 1 Dynamiske ruderanlæg **1**

Kapitel 2 Problemformulering **3**
2.1 Problemafgrænsning . . . 3

I Litteraturstudie **5**

Kapitel 3 Indledning **7**

Kapitel 4 Udformning **9**
4.1 Geometri . . . 9
4.2 Sporvidde . . . 10
4.3 Hastighed . . . 10
4.4 Vejafmærkning . . . 10
4.5 Oversigtsforhold . . . 10
4.6 Skiltning . . . 11
4.7 Signalregulering . . . 12

Kapitel 5 Trafiksikkerhed **13**
5.1 Konfliktpunkter . . . 13
5.2 Kollisioner . . . 15
5.3 Hastighed . . . 15
5.4 Kørsel mod færdselsretningen . . . 16
5.5 Fodgængere og cyklister . . . 16

Kapitel 6 Trafikafvikling **21**
6.1 Signalregulering . . . 21
6.2 Simulering . . . 26

Kapitel 7 Opsamling på litteraturstudie **29**

II Analyse **31**

Kapitel 8 Tilslutningsanlæg **33**
8.1 Tilslutningsanlæg i Danmark . . . 33
8.2 Trafiksikkerhed . . . 36
8.3 Alternative dynamiske ruderanlæg . . . 37
8.4 Fodgængere i et dynamisk ruderanlæg . . . 39
8.5 Cyklister i dynamiske ruderanlæg . . . 42

8.6 Præsentation af 52 Odense SV 44

Kapitel 9 Metode **47**
9.1 VISSIM 47

Kapitel 10 Opbygning **55**
10.1 Opbygning af modeller i VISSIM 55
10.2 Kriterier i simulering 57

Kapitel 11 Resultater **59**
11.1 Scenarie 0: Nuværende trafikmængde ved tilslutningsanlæg 52 Odense SV 59
11.2 Scenarie 1: Omløbstid 62
11.3 Rejsetid 63
11.4 Kølængde 63
11.5 Opsamling 64
11.6 Scenarie 2: Varierende trafikmængde 65
11.7 Scenarie 3: Varierende mængde af svingende trafik 70
11.8 Scenarie 4: Trafikstyret dynamisk ruderanlæg 74
11.9 Scenarie 5: Fodgængere placeret yderst i et dynamisk ruderanlæg 78
11.10Scenarie 6: Fodgængere placeret inderst i et dynamisk ruderanlæg 82
11.11Opsamling af resultater 89

Kapitel 12 Et-sporet dynamisk ruderanlæg **91**

Kapitel 13 Resultater **93**
13.1 Regulering via fuld stop 93
13.2 Vigepligtsregulering 93
13.3 Trafikafvikling 94
13.4 Rejsetid 95
13.5 Kølængde 98
13.6 Opsamling 99

Kapitel 14 Mulige placeringer i Danmark **101**

Kapitel 15 Diskussion **103**
15.1 Litteraturstudie 103
15.2 Analyse i VISSIM 103
15.3 Bløde trafikanter 105

Kapitel 16 Perspektivering **107**

Kapitel 17 Konklusion **109**

Kapitel 18 Litteraturliste **111**

111

Kapitel A Basisfigurer

Kapitel B Trafiksikkerhed

Kapitel C VISSIM-simulering

C.1 Metode 117
C.2 VISVAP filer 119
C.3 Beregninger 120
C.4 Signalplaner 121
C.5 Scenarie bilag 122

Kapitel D Tilslutningsanlæg i Danmark

Kapitel 1

Dynamiske ruderanlæg

Trængsel er et problem, der i stigende grad skaber problemer på vejene rundt om i verden. Trængsel opstår oftest omkring byerne, hvor mange dagligt transporteres til og fra arbejde, og hvor pladsen for udvidelse af veje og vejanlæg ofte kun er muligt i begrænset omfang - hvis det overhovedet er muligt. I flere nuværende anlæg er der problemer med trafikafviklingen og kødannelser. Det er dermed ikke muligt for mange nuværende anlæg at håndtere afviklingen uden forsinkelser og kødannelser. Trængsel opleves også dagligt af mange danskere f.eks. ifm. arbejde. Bilen er danskernes foretrukne transportmiddelvalg, og til trods for den økonomiske krise, der startede i slutningen af 00'erne, er der overordnet set stadig sket en stigning i antallet af biler på de danske veje. [Center for Trafik og Transportforskning - DTU, 2014] Trængsel var dog allerede et problem før krisen, hvilket bl.a. medførte, at der i perioden 2000 - 2004 blev udarbejdet en undersøgelse af trafikken i Hovedstadsområdet: *Projekt Trængsel* udført af Vejdirektoratet et al. [2004] . I undersøgelsen blev begrebet trængsel beskrevet som værende: *"Trængsel er et udtryk for de gener, som trafikanterne påfører hinanden i form af nedsat bevægelsesfrihed, når de færdes i trafiksystemet"* Vejdirektoratet et al. [2004]. I projektet blev det konkluderet, at der var betydelig trængsel, men genen var ikke på et sådant niveau, at bilisterne ville skifte transportmiddel, destination eller helt aflyse turen. Trængsel kan beskrives ud fra følgende definitioner:

- Fire niveauer hhv. *Ubetydelig trængsel, Begyndende trængsel, Stor trængsel* og *Kritisk trængsel*
- Rejsetidsindekset der er forholdet mellem den faktiske rejsehastighed og *free flow*-hastigheden
- Samlet forsinkelse for et anlæg eller en strækning - opgøres oftest i timer eller kr.

Trafikafviklingsproblemerne har fået trafikfolk verden over til at tænke innovativt og komme med nye løsninger, når det gælder trafikafvikling. I bl.a. USA, hvor der dagligt kører store mængder af biler på de amerikanske *Interstates*, opleves der problemer med at afvikle trafikken i forbindelse med tilslutningsanlæggene til motorvejene. Dette medførte, at den amerikanske universitetsstuderende Gilbert Chlewicki i 2002 udviklede en ny måde at udforme toplanskryds kaldet Diverging Diamond Interchange eller oversat til dansk et Dynamisk Ruderanlæg. Chlewicki opdagede i år 2003, at denne nyudviklede udformning allerede var blevet bygget i Frankrig i 1970'erne, og han valgte derfor at videreudvikle ideen med simuleringer og tests. I år 2003 udgav han en artikel, der beskrev tilslutningsanlægget. Joe Bared, specialist i undersøgelse af geometriske design ved Federal Highway Administration, undersøgte udformningen yderligere, og foretog simuleringer med varierende trafikmængder. Efter yderligere undersøgelser og stod det første dynamiske ruderanlæg færdigt i sommeren 2009 i staten Missouri. [ATS/American, 2014]

En af fordelene ved et dynamiske ruderanlæg er ifølge de amerikanske undersøgelser, at trafikafviklingen er bedre end i traditionelle ruderanlæg. En anden fordel ved denne type anlæg er, at arealanvendelsen er nogenlunde tilsvarende et traditionelt ruderanlæg og anlæg med to rundkørsler. Da mange af de steder, hvor der opleves trængsel i Danmark, er i byerne og bynære områder, vil udvidelse af eksisterende anlæg ikke altid være muligt. Et dynamisk ruderanlæg vil derfor kunne være en oplagt løsning på disse lokaliteter. Et af de punkter hvor Danmark udskiller sig fra USA, er antallet af og fokus på bløde trafikanter som en del af trafikken. I Danmark opprioriteres cyklisme i mange kommuner, og det vil derfor være nødvendigt at undersøge mulighederne for at inkludere bløde trafikanter i et dynamisk ruderanlæg.

Kapitel 2

Problemformulering

Trængsel er et problem, der findes både på verdensplan og i Danmark. Trængsel skaber lange rejsetider, som er dyrt for samfundsøkonomien og dårligt for miljøet. Hvis det ikke lykkes at få en stor nok andel af især hverdagens pendlere over i den kollektive trafik, er det nødvendigt at undersøge mulighederne for optimerede anlæg, hvor det er muligt at afvikle mere trafik end det er i de eksisterende anlæg. Da det ikke er muligt alle steder blot at bygge større anlæg eller at udvide de eksisterende, er det essentielt at undersøge, hvad der er af alternativer. Alternativerne skal kunne afvikle en større mængde trafik med et nogenlunde ens arealbehov som eksisterende anlæg.

I projektet analyseres anlægstypen dynamisk ruderanlæg ud fra et litteraturstudie baseret på amerikansk litteratur. Trafiksikkerheden i det dynamiske ruderanlæg sammenlignes med tilsvarende tilslutningsanlæg. Der foretages desuden en vurdering af, hvordan trafikafviklingen i et dynamisk ruderanlæg vil være efter danske forhold, og hvornår det kan anbefales at implementere et dynamisk ruderanlæg i Danmark. Vurderingen baseres især på simuleringer og sammenligning med typiske tilslutningsanlæg i Danmark.

2.1 Problemafgrænsning

2.1.1 Anlæg

Der vil i sammenligningen af det dynamiske ruderanlæg med typiske danske tilslutningsanlæg mellem motorveje og underordnet vej udelukkende foretages sammenligninger med et traditionelt signalreguleret ruderanlæg og et anlæg med to rundkørsler. Denne afgrænsning foretages med den begrundelse, at arealbehovet for de tre typer anlæg er overordnet ens, og det dermed anses som mest relevante ift. ombygning. Vejdirektoratet arbejder på en ombygning af tilslutning 52 Odense SV fra et traditionelt signalreguleret ruderanlæg til et dynamisk ruderanlæg. Der tages derfor udgangspunkt i netop dette anlæg både ift. trafikmængder og trafikstrømme.

2.1.2 Kollektiv trafik

Dette projekt er afgrænset fra at tage stilling til kollektiv trafik. Det gælder bl.a. ift. prioritering og placering i dynamiske ruderanlæg, effekten på den kollektive trafik ved optimering af trafikafvikling for biler og andet, der har med kollektiv trafik at gøre.

2.1.3 Parametre i VISSIM

Der analyseres ikke på forskellen mellem faste parametre i VISSIM såsom accelerations- og decelerationshastigheder og andre køretøjsparametre, som stammer fra tyske forhold og dermed ikke er 100% tilsvarende danske parametre. Da parametrene er ens for alle simuleringer, forventes det, at den eventuelle afvigelse ift. danske forhold vil være den samme for alle resultater, hvormed forholdet mellem resultaterne vil være anvendelige til vurdering af tilslutningsanlæggene i Danmark. I den danske vejregel *Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller*, er simulerings parametre efter danske forhold angivet, det er dog ikke alle parametre som er analyseret.

Del I

Litteraturstudie

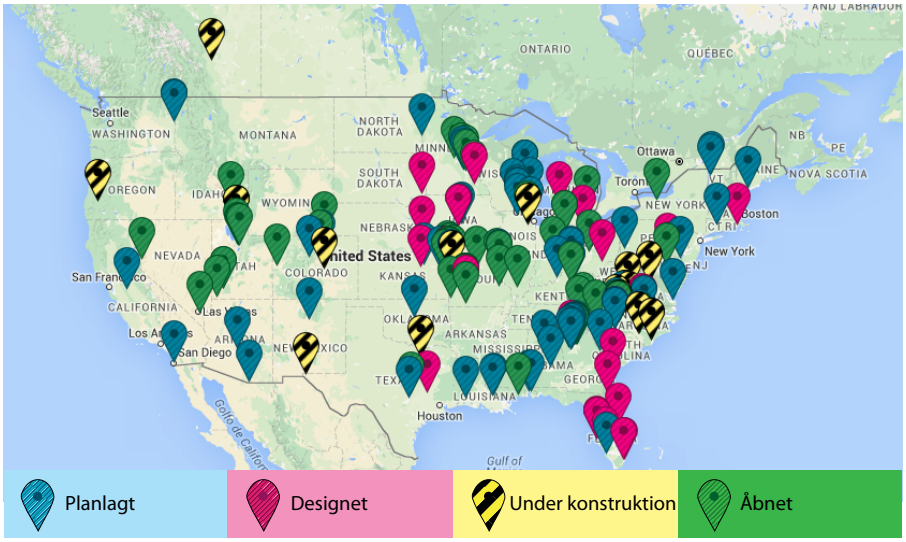
Kapitel 3

Indledning

Det første amerikanske dynamiske ruderanlæg stod færdigt i sommeren 2009 i staten Missouri. Sidenhen er der i perioden juni 2009 - marts 2016 blevet bygget 64 dynamiske ruderanlæg i USA. Antallet af dynamiske ruderanlæg er støt stigende i USA. Placeringen af de kommende anlæg er vist på figur 3.1, hvoraf der er følgende:

- Ca. 16 under konstruktion
- Ca. 25 i designfasen
- Ca. 65 i planlægningsfasen

Der er yderligere bygget tre anlæg i Frankrig og et i Sydafrika. I Danmark er et dynamisk ruderanlæg i planlægningsfasen i Odense ved tilslutningsanlæg 52 Odense SV. ATS/American [2014]

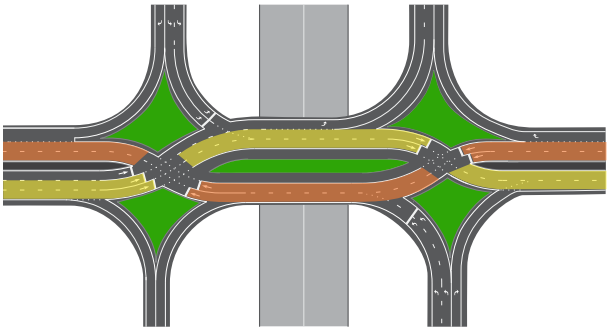


Figur 3.1: Dynamiske ruderanlæg i USA.ATS/American [2014]*

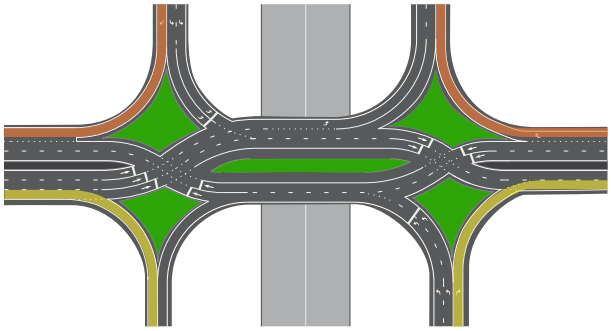
Opbygning af et dynamisk ruderanlæg

Det dynamiske ruderanlæg er bygget op, således at der er to signalreguleringer som ved et traditionelt ruderanlæg. Signalerne regulerer trafikken på den tværgående vej og trafikken der hhv. kører på til- og frakørselsramperne. Dynamiske rudeanlæg adskiller sig fra traditionelle rudeanlæg ved, at der mellem de to signalreguleringer køres venstrekørsel, som det kan ses på figur 3.2. Det vil sige, at vejbanerne placeres med en vinkel i forhold til hinanden ved signalreguleringen, så der gennem krydset naturligt skiftes fra at køre i højre side til at køre i venstre side. Svingbevægelser gennem anlægget er illustreret på figurerne 3.2, 3.3, 3.4 og 3.5.

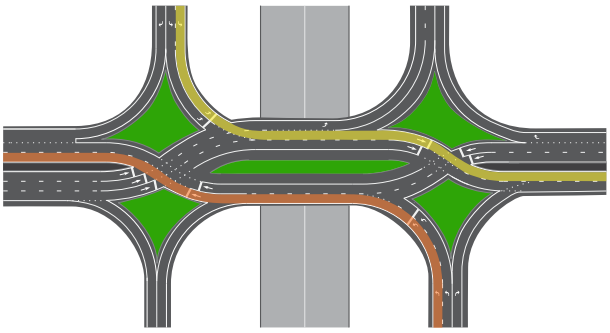
Opbygningen lægger naturligt op til en del spørgsmål om bl.a. den optimale udformning, trafiksikkerhed, bløde trafikanter og trafikafvikling. Disse emner undersøges gennem litteraturstudiet, og belyses ud fra erfaringerne fra USA.



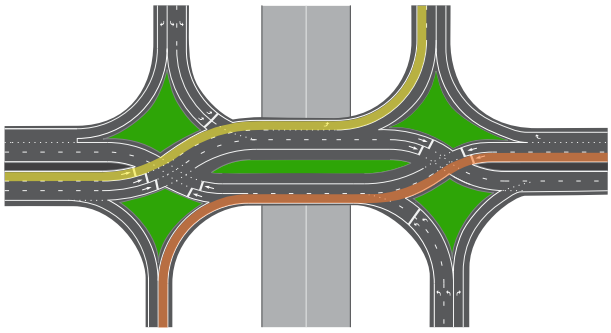
Figur 3.2: Illustration af bevægelsen for ligeudkørende i et dynamisk ruderanlæg.



Figur 3.3: Illustration af bevægelsen for den højresvingende trafik i et dynamisk ruderanlæg.



Figur 3.4: Illustration af bevægelsen for den venstresvingende trafik der kører fra motorvejen i et dynamisk ruderanlæg.



Figur 3.5: Illustration af bevægelsen for den venstresvingende trafik der kører til motorvejen i et dynamisk ruderanlæg.

Gennemkørsel af et dynamisk ruderanlæg kan ses i videoklippet *Gennemkørsel af dynamisk ruderanlæg*. Videoen er en privat optagelse, optaget i Henderson, Nevada i efteråret 2015, som ses på YouTube klip 8.

Kapitel 4

Udformning

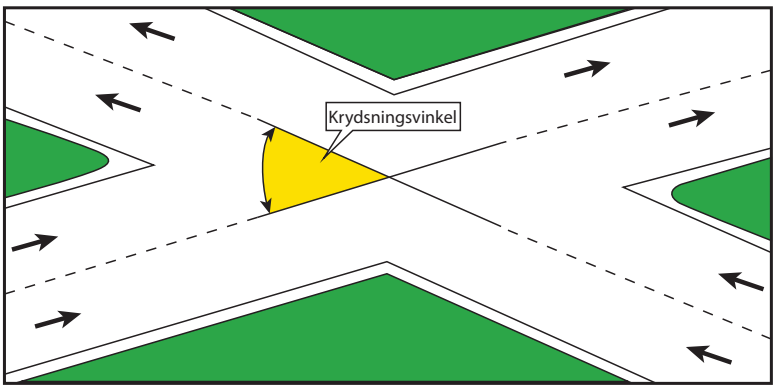
I dette kapitel beskrives geometrien og udformningen af dynamiske ruderanlæg på baggrund af erfaringer fra USA.

I forbindelse med projekteringen af et dynamisk ruderanlæg er der en række nye aspekter, som skal overvejes. Eftersom det dynamiske ruderanlæg er utraditionelt ift. danske forhold og dermed for trafikanten, er det vigtigt, at der i projekteringen gøres overvejelser om bl.a. geometri, skiltning, vejafmærkning og oversigtsforhold.

4.1 Geometri

Geometrien i det dynamiske ruderanlæg er betydningsfuld for trafikantens færden gennem krydset, da den kan være afgørende for både hastigheden og trafikantens opfattelse af anlægget.

I krydset, hvor trafikanten skifter fra højre- til venstrekørsel, er krydsningsvinklen mellem de to vejbaner afgørende for, hvordan resten af det dynamiske ruderanlæg skal udformes. Krydsningsvinklen er defineret vist på figur 4.1. Et kryds udformet med en stor krydsningsvinkel minder i højere grad om et traditionelt kryds, hvormed risikoen for, at trafikanter kommer til at køre mod kørselsretningen mindskes ift. kryds med en lille krydsningsvinkel. En stor krydsningsvinkel kan dog mindske kørselskomforten i anlægget, hvilket specielt gælder for køretøjer med et højt centerpunkt. Disse vil opleve et større ubehag pga. den omvendte horisontalkurve i krydset, hvilket kan medføre overdrejning som reaktion på centripetalkraften. En større krydsningsvinkel er desuden ensbetydende med en længere krydsningsafstand og et større arealbehov til tilslutningsanlægget. En mindre krydsningsvinkel vil medføre en modsat effekt.



Figur 4.1: Grafisk illustration af definitionen på krydsningsvinklen i dynamisk ruderanlæg. [Schroeder et al., 2014]*

Det anbefales i USA at anvende en krydsningsvinkel på 40°-50°, hvorefter de horisontale kurver tilpasses herefter. Det anbefales, at de horisontale kurver designes med en radius mellem 45 m (150 ft) og 91 m (300 ft). [Yang et al., 2015] En krydsningsvinkel på mindst 45° anbefales af Schroeder et al. [2014], da mindre vinkler vil øge risikoen for, at bilisten ender med at køre modsat kørselsretningen. En stor krydsningsvinkel giver mindre horisontalradier og derved opfordres bilisten til en lavere hastighed. Det kan dog medføre manøvreringsproblemer for større køretøjer. Selve krydset bør desuden ikke

udføres i en horisontalkurve. Kurven skal udføres som tangens imellem de to horisontal radier, da bilisten ikke normalt drejer i ligeudkørende kryds. [Schroeder et al., 2014]

4.2 Sporvidde

Sporvidden i det dynamiske ruderanlæg fastsættes ud fra tunge køretøjer. Det skal overvejes, om sporvidden skal dimensioneres efter, at to tunge køretøjer skal kunne køre gennem det dynamiske ruderanlæg ved siden af hinanden. En bredere sporvidde vil kunne resultere i en højere hastighed i anlægget. [Missouri Department of Transportation, 2010][Yang et al., 2015] I USA anbefales der normalt en sporvidde på 3,7 m (12 ft), hvor der i det dynamiske ruderanlæg anbefales 4,6 m (15 ft). [Tobergte and Curtis, 2013] I Danmark er anbefalingen for sporvidde 3,20 m for tunge køretøjer. [Vejdirektoratet, 2012]

4.3 Hastighed

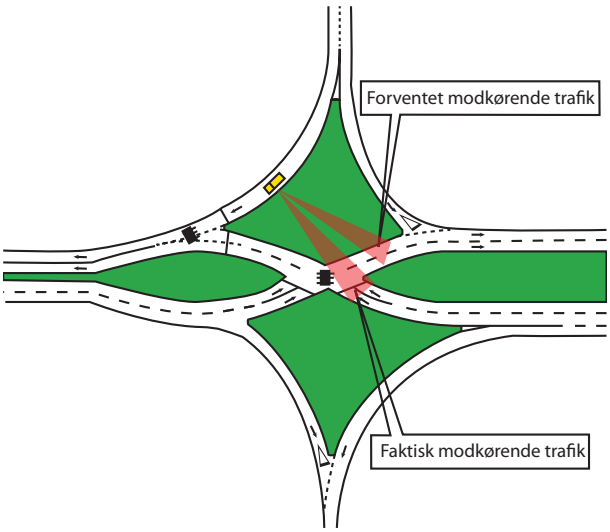
Det dynamiske ruderanlæg bør ifølge Yang et al. [2015] dimensioneres således, at den gennemkørende trafik opfordres til en maksimal hastighed på 40 km/t (25 mph), mens der på ramperne opfordres til en maksimal hastighed på 24 km/t (15 mph) for tunge køretøjer. Disse hastigheder skal sikre, at trafikanten har en bedre mulighed for at navigere korrekt i tilslutningsanlægget, samtidig med at trafikken afvikles. Frakørselsramperne er specielt vigtige ift. hastighed, da trafikanten vil møde trafik fra utraditionelle retninger, hvilket de skal navigere efter. [Yang et al., 2015] Det anbefales af Schroeder et al. [2014], at det dynamiske ruderanlæg dimensioneres efter en hastighed på 40 km/t-56 km/t (25 mph-35 mph) med udgangspunkt i trafikstrømme og trafiksikkerhed. Hastighedsmåling i fem forskellige dynamiske ruderanlæg har vist, at hastighedsintervallet gennem anlægget er 36 km/t-50 km/t (22,3 mph-31,1 mph). [Schroeder et al., 2014]

4.4 Vejafmærkning

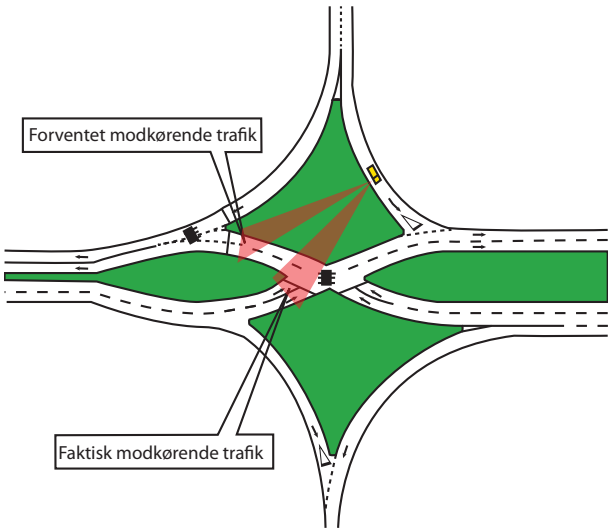
Det anbefales, at afstribningen udføres som i traditionelle kryds, eftersom selve krydset fungerer som et normalt kryds. Det anbefales, at der udføres en stiplet afstribning henover krydsningsarealet for at vejlede trafikanten. Ift. fodgængere anbefales det desuden, at der afmærkes *Look Left* på asfalten, lige før fodgængeren træder ud på fodgængerfeltet. Dette anbefales, da trafikanterne kommer fra modsatte retning af, hvad der normalt forventes, og fodgængeren bør derfor være ekstra opmærksom. [Schroeder et al., 2014]

4.5 Oversigtsforhold

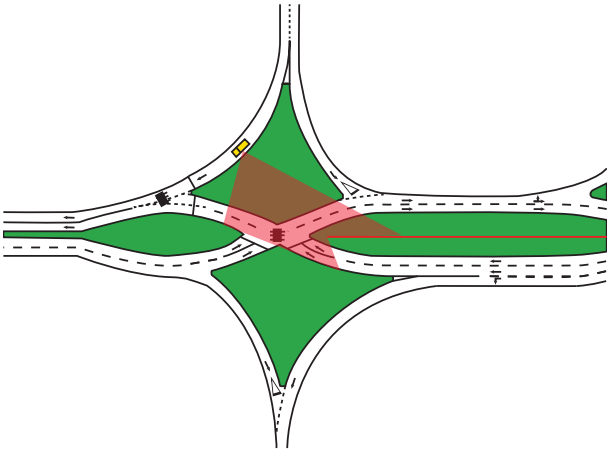
Oversigtsforholdene i det dynamiske ruderanlæg er et af de mest essentielle aspekter i dimensioneringen, hvilket skyldes, at modkørende trafik kommer fra uventede retninger. Det anbefales at designe det dynamiske ruderanlæg så plant som overhovedet muligt, da dette sikrer oversigtsforholdene ift. vertikale kurver. [Missouri Department of Transportation, 2010] Det anbefales, at der opsættes barrierer, som skal afskærme de vinkler, hvor det normalt forventes, at der kommer modkørende trafik. På denne måde ledes trafikanten til at orientere sig mod de vinkler, hvor trafikken kommer fra i det dynamiske ruderanlæg - vist på figur 4.2 og figur 4.3. Barrierer, som eventuelt opsættes ifm. bløde trafikanter, skal analyseres ift. oversigtsforhold, da disse kan være placeret indenfor oversigtsområderne. I USA er problemet afhjulpet ved at formindske barrierehøjden i enden, hvorved både oversigtsforhold og bløde trafikanter sikres som vist på figur 4.4. [Yang et al., 2015] [Schroeder et al., 2014]



Figur 4.2: Illustration af hvor trafikanten forventer modkørende trafik kommer fra, og hvor den reelt kommer fra.[Schroeder et al., 2014]*



Figur 4.3: Illustration af hvor trafikanten forventer modkørende trafik kommer fra, og hvor den reelt kommer fra.[Schroeder et al., 2014]*



Figur 4.4: Illustration af hvordan medianen blokerer uønsket oversigt.[Schroeder et al., 2014]*

4.6 Skiltning

Vejvisningen i det dynamiske ruderanlæg er vigtigt, når trafikanten skal ledes sikkert igennem det utraditionelle anlæg. I USA var der stor usikkerhed om, hvordan trafikanterne ville tage imod den nye krydsløsning og hvordan vejvisningen skulle udføres, således trafikanterne blev ledt på rette vej.

Skiltningen anses i USA som en af de vigtigste parametre for at lede trafikanten sikkert gennem et dynamisk ruderanlæg. Det anbefales at montere vejportaler, således trafikanten allerede tidligt har mulighed for at orientere sig og placere sig i den rette kørebane. Vejportalerne bør indeholde både destination og rutenummer, således trafikanten kan orientere sig bedst muligt. [Missouri Department of Transportation, 2010] [Schroeder et al., 2014] De resterende skilte bør udføres som i traditionelle kryds. Der skal dog tages hensyn til, at dynamiske ruderanlæg er unikke, og placeringen af skilte kan derfor variere fra kryds til kryds. Skiltningen bør følge gældende standarder.[Schroeder et al., 2014] I USA er der planer om at implementere et nyt skilt, som skal informere trafikanterne om, at de er på vej ind i et dynamisk ruderanlæg. Skiltet vil indeholde en simpel illustration af et dynamisk ruderanlæg og en vejledende hastighed. Skiltet er vist på figur 4.5. [Missouri Department of Transportation, 2010]

Figur 4.5: Forslag til nyt skilt til dynamisk ruderanlæg. [Missouri Department of Transportation, 2010]*

Ved frakørselsramperne er skiltningen afhængig af, hvilke løsninger der vælges ift. trafikstyring. Ramperne kan reguleres vha. signalregulering, fuld stop eller vigepligt. Valget afhænger af trafikmængder såvel som trafiksikkerhed.

4.7 Signalregulering

Signalreguleringen er ligesom afstribningen næsten som ved normale kryds. Det bør dog overvejes, om der i stedet for et normalt grønt lys skal indsættes en grøn pil, som drejes i kørselsretningen. Dette tiltag skal være med til at vejlede trafikanten, når krydsningen til modsatte kørselsretning foretages. Tiltaget skal desuden sikre, at signalet udelukkende er synligt for trafikanter i den pågældende kørselsretning. Et ekstra signal kan være nødvendigt, eftersom det kan være svært at se signalet, når der er meget kurvekørsel. Det ekstra signal bør placeres/drejes, således at trafikanten sikres stopsigte. Et eksempel på denne løsning er illustreret i figur 4.6. [Schroeder et al., 2014]

Figur 4.6: Eksempel på ekstra signal, hvor signalet er drejet, så trafikanter kan se i kurven. [Schroeder et al., 2014]

Kapitel 5

Trafiksikkerhed

I dette kapitel beskrives trafiksikkerheden ifm. dynamiske ruderanlæg ud fra amerikanske erfaringer. Trafiksikkerheden for hårde trafikanter beskrives bl.a. ud fra konfliktpunkter og en udvikling i uheld efter ombygning til dynamisk ruderanlæg. Trafiksikkerheden for bløde trafikanter beskrives bl.a. ift. placeringen af hhv. cyklister og fodgængere i anlægget.

Trafiksikkerhed er et område, der har tiltrukket meget opmærksomhed, siden der kom fokus på dynamiske ruderanlæg i USA i år 2003. Trafiksikkerheden ifm. dynamiske ruderanlæg er et område, som til dato stadig analyseres. Der er opstillet hypoteser om, hvor trafiksikkert anlægget er, og flere undersøgelser forsøger at be- eller afkræfte disse hypoteser. Datagrundlaget for trafiksikkerhedsstatistikker vokser med tiden, og det bliver muligt at lave mere præcise og statistisk korrekte analyser af trafiksikkerheden. De første evalueringer blev lavet i år 2007-2008, hvor trafiksikkerheden blev vurderet ud fra, at 74 testpersoner gennemkørte simuleringer af ruderanlæg, dynamiske ruderanlæg og dynamiske ruderanlæg med ekstra mange foranstaltninger jf. Inman et al. [2007]. Siden Missouri Department of Transportation [2010] blev udgivet, er der ca. hvert år siden blevet udgivet forskning vedrørende trafiksikkerheden i forbindelse med dynamiske ruderanlæg. Der er specielt fem områder, hvor der har været særligt fokus i størstedelen af rapporterne.

- Antallet af konfliktpunkter
- Typen af kollisioner og udviklingen i typen
- Hastighed gennem og omkring anlægget
- Kørsel mod færdselsretningen
- Fodgængere og cyklister

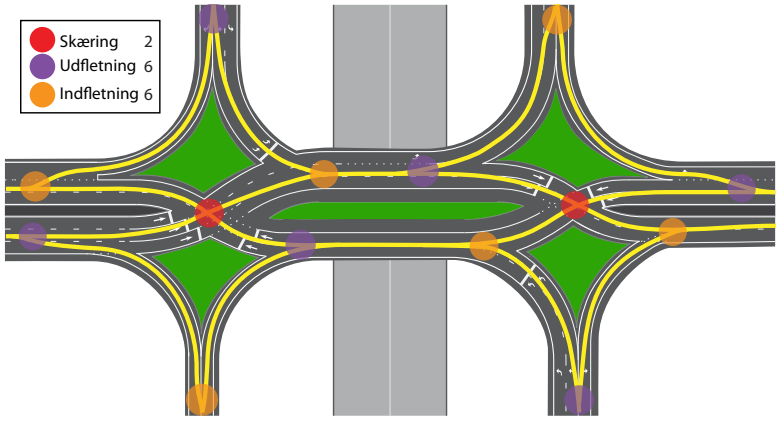
I år 2011 blev den første rapport udfærdiget, hvori det undersøgtes, hvordan fem anlæg i staten Missouri var påvirket af at blive ombygget til dynamiske ruderanlæg. Studiet blev foretaget ud fra uheldsdata fra hvert anlæg for en periode på fem år inden ombygningen og uheldsdata fra anlæggene et år efter ombygningen. Sikkerhedsmæssigt kunne det ud fra evalueringerne konkluderes, at det totale antal af uheld var faldet med 46 %, venstresvingsulykker var helt elimineret på grund af anlæggets udformning, antallet af bagendekollisioner var faldet en smule og der var ingen indikationer på, at der skulle være en stigning i en bestemt type uheld. Efter ombygningen af anlæggene var den generelle opfattelse den, at ca. 80 % følte, at trafikken blev afviklet bedre og at der var færre forsinkelser. 87 % følte, at uheldsrisiciene var større ved traditionelle ruderanlæg og 91 % følte, at det var nemt at navigere gennem anlægget ift. udformning af anlægget, skiltning, signaler og markeringer. [Chilukuri et al., 2011]

5.1 Konfliktpunkter

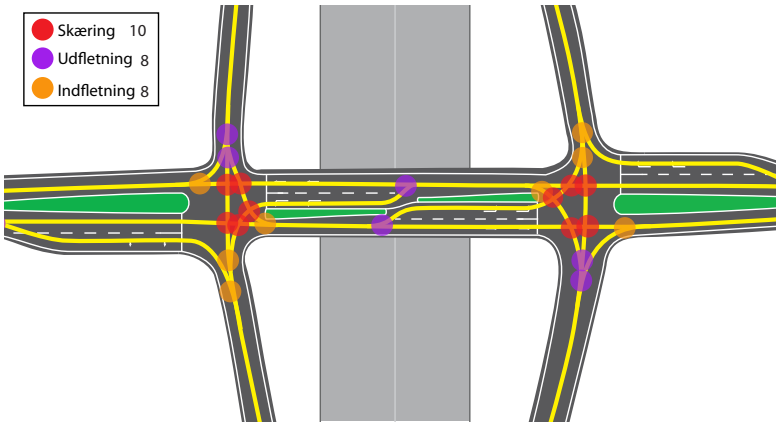
Konfliktpunkter er de steder, hvor trafikstrømme mødes. I forbindelse med traditionelle ruderanlæg og dynamiske ruderanlæg er der tale om tre forskellige typer konfliktpunkter blandt hårde trafikanter:

1) Krydsende trafikstrømme
2) Udflettende trafikstrømme
3) Indflettende trafikstrømme

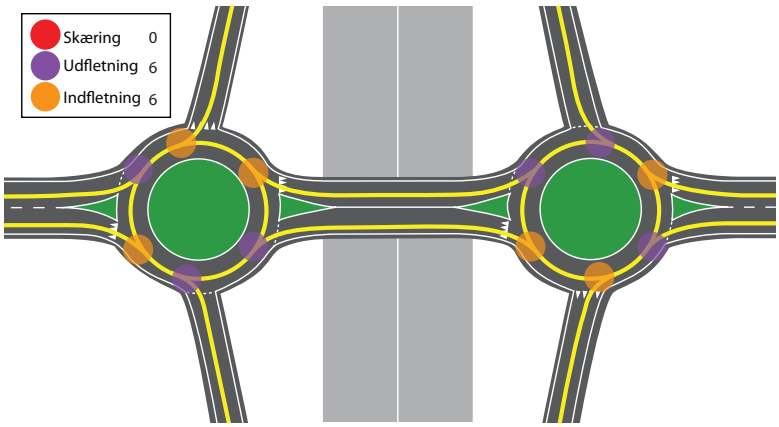
Antallet af konfliktpunkter anses af flere kilder som en faktor for, hvor trafiksikkert et anlæg er. Et dynamisk ruderanlæg med 14 konfliktpunkter anses derfor som mere trafiksikkert end et traditionelt ruderanlæg, der har 26 konfliktpunkter. Et anlæg bestående af to rundkørsler har 12 konfliktpunkter. Tilslutningsanlæggene med tilhørende konfliktpunkter er illustreret på figur 5.1, figur 5.2 og figur 5.3. At sikkerheden øges ved reduceringen af konfliktpunkter beskrives i Inman et al. [2007], Bared [2009], Missouri Department of Transportation [2010], Maji et al. [2013], Schroeder et al. [2014] og Yang et al. [2015].



Figur 5.1: Illustration af konfliktpunkter i et dynamisk ruderanlæg.



Figur 5.2: Illustration af konfliktpunkter i et traditionelt ruderanlæg.



Figur 5.3: Illustration af konfliktpunkter i et anlæg med to rundkørsler.

Reduceringen af konfliktpunkter anses som en generel fordel ved det dynamiske ruderanlæg jf. Maji et al. [2013], hvor der jf. Inman et al. [2007] beskrives, hvordan en reducering vil resultere i færre ulykker. Ved dynamiske ruderanlæg reduceres antallet af krydsende konfliktpunkter fra 10 til 2. Reduceringen af netop denne type konfliktpunkter anses i sig selv som en sikkerhedsmæssig fordel jf. Schroeder et al. [2014].

5.2 Kollisioner

For at få et bedre indblik i trafiksikkerheden i forbindelse med dynamiske ruderanlæg er der af flere kilder foretaget før- og efterstudier. Her er typen af kollisioner, både i forhold til udvikling i den enkelte type kollision og helt generelt, undersøgt. Alle studierne konkluderer, at den generelt øgede trafiksikkerhed skyldes, at venstresving i krydsene er elimineret. Venstresvingskollisioner var i de fleste studier den hyppigste kollisionstype. Ved det dynamiske ruderanlæg ved Springfield, Missouri, blev det totale antal uheld reduceret med 46 %, mens antallet af bagendekollisioner er faldet dog begrænset jf. Anderson et al. [2012].

Antallet af uheld før og efter ombygningen af tilslutningsanlæg i hhv. Lexington, Kentucky og Springfield, Missouri er undersøgt i Schroeder et al. [2014]. Der er i sammenligningen af før- og efterstudierne i begge undersøgelser ikke taget højde for trafikudvikling, uheldsudvikling eller regressionseffekten.

Lexington, Kentucky
Sammenligning af data fra fire år inden og to år efter ombygning. Det totale antal uheld steg på et segment og faldt på et andet, mens antallet af uheld med tilskadekomster forblev omtrent det samme. På den gennemgående vej steg det totale antal uheld, mens antallet af uheld med tilskadekomster faldt. Antallet af trængningsuheld steg, mens antallet af bagendekollisioner faldt.

Springfield, Missouri
Sammenligning af data fra fem år før og et år efter. Det totale antal og antallet af venstresvingsulykker var faldet og der var ingen stigning inden for nogen bestemt type kollisioner. Udviklingen af uheld er analyseret med tre forskellige evalueringsmetoder i Edara et al. [2015], hvor det er fundet, at der er sket en statistisk signifikant reducering af uheld inde for alle uheldstyper med et konfidensinterval på 95 %.

Før ombygningen var der 57 uheld ifm. venstresving, hvilket var den hyppigste uheldsforekomst. Denne type uheld fjernes helt ved ombygning til dynamiske ruderanlæg. Bagendekollision ved frakørselsrampen var den anden hyppigst forekommende med et antal på 51 ulykker. Denne type kollision blev reduceret til 25 uheld efter ombygningen, hvilket gjorde den til den oftest forekommende kollisionstype. Den totale uheldsfrekvens var faldet med 41,7 %, 40,8 % og 52,9 % afhængig af evalueringsmetoden. Antallet af dødsulykker og uheld, hvor folk er kommet til skade, er faldet med 62,3 %, 62,6 % og 60,6 % afhængigt af evalueringsmetoden. Det er desuden konkluderet i undersøgelsen, at uheld, der er forekommet i dynamiske ruderanlæg, generelt er mindre voldsomme end uheld ved traditionelle ruderanlæg.

5.3 Hastighed

Den generelle tendens i dynamiske ruderanlæg er, at der køres med en lavere hastighed gennem anlægget. Dette øger trafiksikkerheden i den forstand, at der ved lavere hastigheder er længere tid til at handle, og når der opstår uheld, er de ofte ikke lige så voldsomme som uheld ved højere hastighed.

[Maji et al., 2013][Yang et al., 2015] Ifølge Missouri Department of Transportation [2010] giver de lave hastigheder et mere sikkert anlæg både ved gennemkørsel men også ved kødannelse, da eventuelle bagendekollisioner bliver mindre voldsomme. I undersøgelsen med forsøgspersoner, der gennemkørte en simulering, var den skiltede hastighed 40 km/t (25 mph), hvor den gennemsnitlige hastighed gennem ruderanlægget var på 55,4 km/t (34,4 mph), hvor den for det dynamiske ruderanlæg var 37,3 km/t (23,2 mph). [Inman et al., 2007] Jævnfør Bared [2009] og Schroeder et al. [2014] kan den lavere hastighed skyldes udformningen af anlægget med skæve vinkler i krydsene og mindre horisontalradier, hvilket medfører en hastighedsreduktion. Begge rapporter beskriver, hvordan den reducerede hastighed er med til at gøre det dynamiske ruderanlæg mere sikkert end det traditionelle ruderanlæg.

5.4 Kørsel mod færdselsretningen

Med baggrund i litteraturen kan den største bekymring i forbindelse med de dynamiske ruderanlæg udledes at været, at trafikanter skal køre mod færdselsretningen mellem krydsene, hvor der skiftes køreside. Ud af de 74 forsøgspersoner, der prøvekørte et dynamisk ruderanlæg via en simulering, var der fem, der lavede kørselsretningsfejl, hvoraf fire resulterede i, at personerne kørte ud på frakørselsrampen. Det blev dog vurderet, at fejlene skyldtes for dårlig skiltning. Undersøgelserne viste derudover, at ved korrekt geometrisk udformning kørte alle korrekt gennem det dynamiske ruderanlæg. [Inman et al., 2007] Den korrekte geometriske udformning nævnes både i Missouri Department of Transportation [2010] og Schroeder et al. [2014] som værende afgørende for trafiksikkerheden og for at risikoen for kørsel mod færdselsretningen mindskes. Det skal bemærkes, at en yderligere problemstilling i USA er, at det er tilladt at dreje til højre ved rødt lys.

Den geometriske udformning skal være med til at forhindre kørsel i den forkerte side af vejen foruden skiltning og afmærkninger. Ifølge Schroeder et al. [2014] forekom de fleste af denne type fejl ved særligt lave trafikmængder. En evaluering af fem dynamiske ruderanlæg viste, at der i en periode på fem år var hhv. 0,3, 1,9, 2,5, 7,9 og 24,5 kørefejl pr. 1 000 000 køretøjer. Jf. Edara et al. [2015] udgjorde uheld i forbindelse med kørsel mod færdselsretningen 4,8 % af det samlede antal uheld.

5.5 Fodgængere og cyklister

Inkludering af fodgængere og cyklister i et tilslutningsanlæg, der er så alternativt som et dynamisk ruderanlæg, giver anledning til spekulationer om, hvilken løsning der vil være den mest optimale både ift. køretøjer, cyklister og fodgængere. En løsning som både er trafiksikker, intuitiv at bruge og som ikke påvirker trafikafviklingen i en uønsket grad. En trafiksikker løsning vil være at separere alle bløde trafikanter fra de hårde, men dette kan betyde, at der skal bygges endnu en separat krydsning af motorvejen, hvilket kan resultere i for høje omkostninger til, at denne løsning vil kunne være realiserbar. I Maji et al. [2013] beskrives det, at det er nødvendigt at beskytte de bløde trafikanter enten ved separering eller ved hjælp af signalreguleringer. Der er i undersøgelserne størst fokus på selve placeringen af cyklister og fodgængere, og hvordan fodgængere i et dynamisk ruderanlæg vil påvirke trafikafviklingen i anlægget.

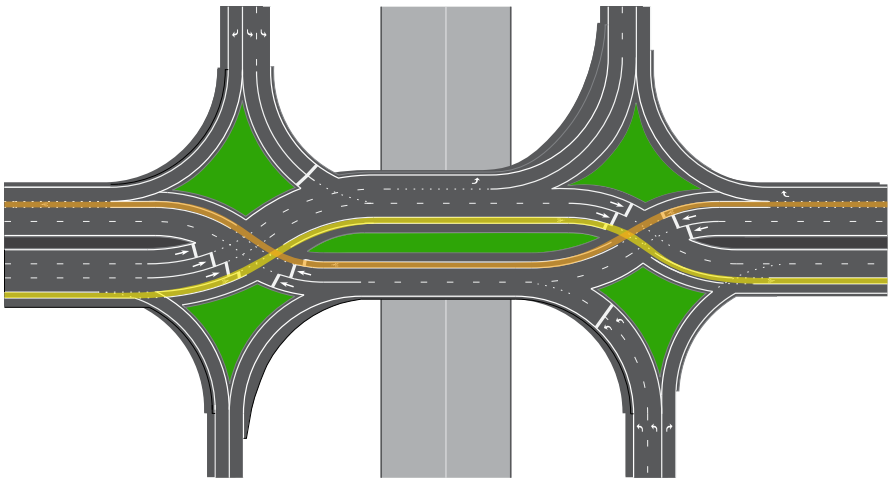
5.5.1 Placering af cyklister

Cyklister fylder ikke det samme i gadebilledet i det meste af USA, som de gør i andre lande som for eksempel i Danmark. Alligevel er der ved flere anlæg fokus på, at det er nødvendigt, at der er plads til, at cyklister kan køre sikkert gennem anlægget. Der findes ikke en entydig guide, der beskriver, hvordan cyklister bedst placeres i et dynamisk ruderanlæg, men der er dog flere kilder, der er enige om, hvor cyklisterne skal placeres. Både Missouri Department of Transportation [2010], Chilukuri et al. [2011]

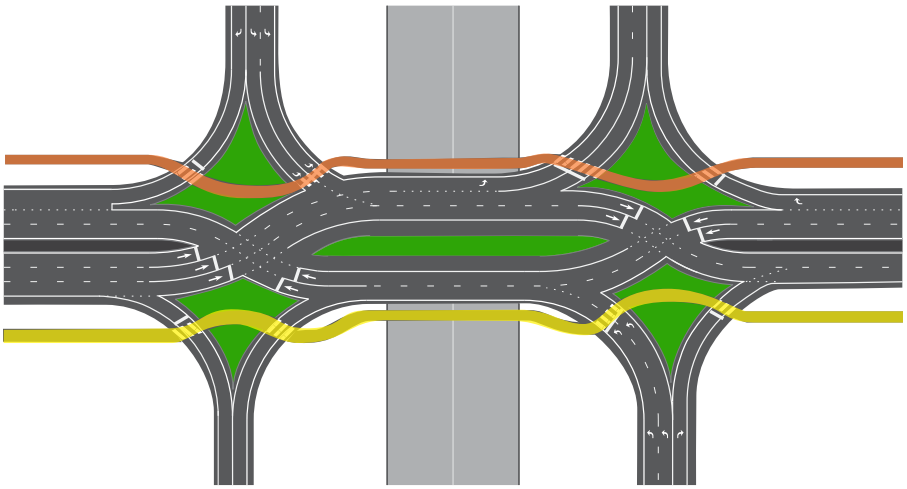
og Schroeder et al. [2014] anbefaler, at cyklister bør følge bilstrømmene, da det stemmer bedst overens med, hvad cyklisterne forventer af bevægelse. Placeringen er illustreret på figur 5.4. Cykelstier bør ifølge Schroeder et al. [2014] udformes i tre grader afhængigt af mængden af cyklister, og om det er rekreationscyklister eller pendlere:

1) Cykelstien kan være en markering på vejbanen, så det er tydeligt for bilister, at det er en cykelsti og ikke en del af vejbanen ved blandet anvendelse.
2) En forhøjet cykelsti der følger med trafikken ved en stor mængde rekreationscyklister.
3) Ingen cykelsti men blot skiltning der angiver, at vejen skal deles af både bilister og cyklister ved en stor mængde pendlere.

Den sidste løsning beskrives også i Missouri Department of Transportation [2010], da der i staten Missouri er en lov om, at cykler har samme prioritet som biler, og derfor har de samme bevægelsesmuligheder og -rettigheder på kørebanen som biler. En cykelbane kan anlægges med en placering, som vist på figur 5.4. Det beskrives yderligere af Missouri Department of Transportation [2010] og Schroeder et al. [2014], at der ved få bløde trafikanter kan laves et delt fortov/cykelsti, som både anvendes af fodgængere og cyklister. I Yang et al. [2015] anbefales det, at cyklister separeres fra de hårde trafikanter som f.eks. via en ydre placering som illustreret på figur 5.5



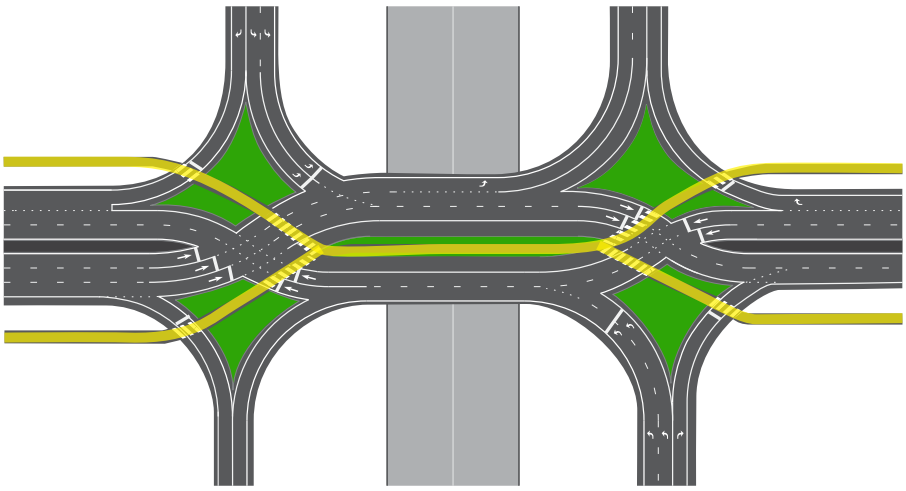
Figur 5.4: Illustration af placeringen af cyklister, der følger bilernes kørebane i et dynamisk ruderanlæg.



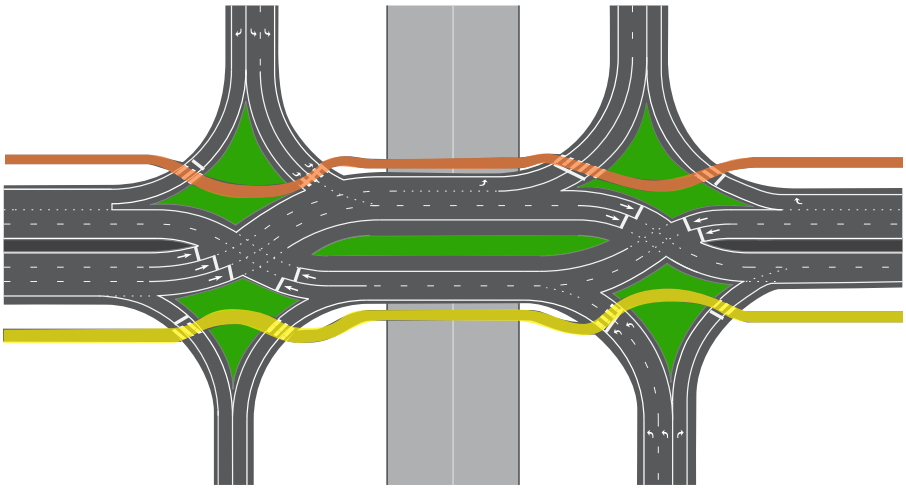
Figur 5.5: Illustration af placeringen af cyklister, der følger fodgængere på ydersiden af et dynamisk ruderanlæg.

5.5.2 Placering af fodgængere

Placeringen af fodgængere er meget omdiskuteret, og en entydig løsning er endnu ikke fundet. Flere kilder mener, at der skal være en form for mur eller anden fast separator mellem fodgængere og hårde trafikanter, hvad enten fodgængerne er placeret i midten eller på ydersiden af anlægget. Det ses dog som en potentiel ulempe i Schroeder et al. [2014] at placere fodgængere i midten af anlægget, da dette er en uvant placering, og dermed kan virke forvirrende. Den største problemstilling ligger i placeringen af de steder, hvor fodgængerne skal krydse den øvrige trafik. Krydsning af ramperne vil enten kunne forgå med en signalregulering, der vil have indflydelse på kapaciteten af anlægget, eller blot ved fodgængerfelter, hvor der ifølge Schroeder et al. [2014] i så fald skal være meget gode oversigtsforhold og en geometrisk udformning, der gør, at bilerne kører ved lavere hastighed. Der vil grundet udformningen af anlægget kunne opstå tvivl eller usikkerhed om, hvilken retning bilerne kommer fra, hvorfor det anbefales, at der skrives f.eks. *Look Left* på asfalten ved fodgængerfeltet og at der opsættes skilte. [Missouri Department of Transportation, 2010] To eksempler på en integreret placering af fodgængere er illustreret på figur 5.6 og figur 5.7.



Figur 5.6: Illustration af den indre placeringen af fodgængere i et dynamisk ruderanlæg.



Figur 5.7: Illustration af den ydre placeringen af fodgængere i et dynamisk ruderanlæg.

En fordel ved at have fodgængere i et dynamisk ruderanlæg frem for et traditionelt ruderanlæg er, at fodgængere kan nøjes med at krydse en kørselsretning ad gangen, som det kan ses både på figur 5.6 og figur 5.7. Der vil i de fleste tilfælde være færre kørespor, der skal krydses, og fodgængerne krydser hurtigere vejen og påvirker dermed krydset i en mindre grad end ellers. [Missouri Department of Transportation, 2010] [Schroeder et al., 2014] [Yang et al., 2015] Da der ikke er noget svingende trafik, der skal holde tilbage for fodgængere, vil kapaciteten ikke påvirkes for svingende trafikanter, og denne type konflikt findes dermed ikke ved dynamiske ruderanlæg. Der kan med fordel installeres et meldesystem for at undgå unødvendig tillægstid i faserne, når der ikke er fodgængere tilstede i krydset. Det er yderst vigtigt, at det ønskede bevægelsesmønster for fodgængere gøres meget tydeligt og intuitivt for at undgå ulovlige og farlige krydsninger af vejen. [Yang et al., 2015]

Kapitel 6

Trafikafvikling

I dette kapitel beskrives trafikafviklingen i et dynamisk ruderanlæg, og hvordan anlægget adskiller sig fra traditionelle ruderanlæg ifm. signalregulering. Det er yderligere beskrevet, hvordan simuleringsmodeller af dynamiske ruderanlæg er opbygget. Der vil være en opsamling på de simuleringsstudier, som er foretaget ifm. forskning i det dynamiske ruderanlæg og påvirkningen af trafikafviklingen.

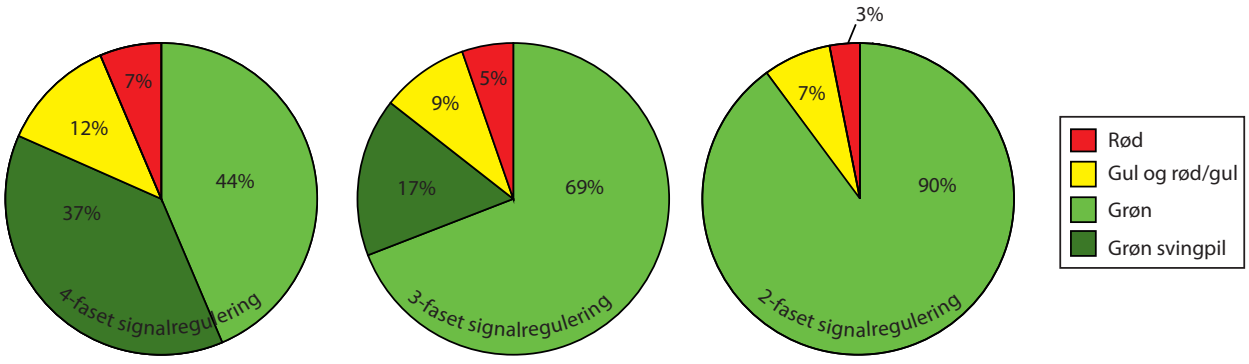
Essensen i det dynamiske ruderanlæg er at kunne afvikle et konfliktfrit venstresving, hvorved de venstresvingende blot skal igennem én signalregulering i tilslutningsanlægget. Denne type afvikling skal udvide tilslutningsanlæggets kapacitet. Eftersom det er et nyt tilslutningsanlæg, er signalreguleringen af dynamiske ruderanlæg undersøgt i USA af flere kilder, for at bestemme det mest optimale signalprogram. Signalprogrammet er vigtigt ift. trafikafviklingen i anlægget og samspillet med nærtliggende signalreguleringer.

6.1 Signalregulering

Der findes flere forskellige måder at designe en signalplan i et dynamisk ruderanlæg. Signalplanen vil afhænge af både trafikmængde og mængden af bløde trafikanter. Hvis trafikmængden er stor, kan det være nødvendigt at signalregulere ramperne for at sikre trafikafviklingen mellem hovedsignalerne. Dette vil dog medføre ekstra faser i signalplanen og dermed en længere omløbstid.

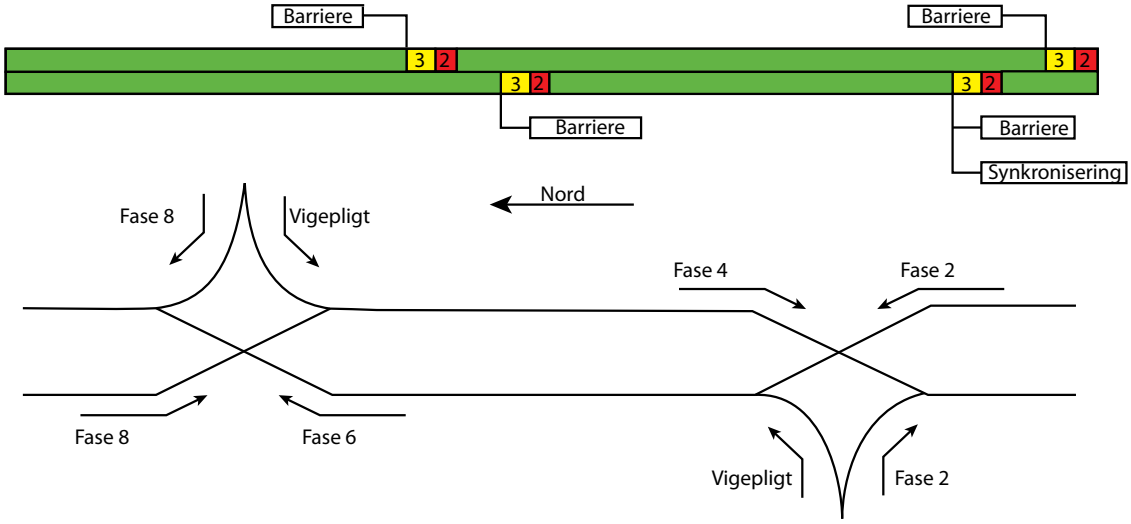
Hovedtanken bag det dynamiske ruderanlæg er at afvikle svingende trafik uden om signalreguleringen. Ved at gøre dette mindskes antallet af faser fra tre til to, da det ikke længere er nødvendigt med en fase til at sikre afviklingen af den svingende trafik. Eksempler på, hvordan faserne kan kombineres ved henholdsvis signalregulering udelukkende ved den gennemkørende trafik og hvor ramperne ligeledes styres af signalregulering, er illustreret på figur 6.2 og figur 6.3. [Missouri Department of Transportation, 2010]

I Utah er der foretaget beregninger af, hvor store andele grøn-, gul- og rødtid, der vil være ved henholdsvis to-, tre- og fire-fases signalreguleringer, hvilket er vist på figur 6.1.

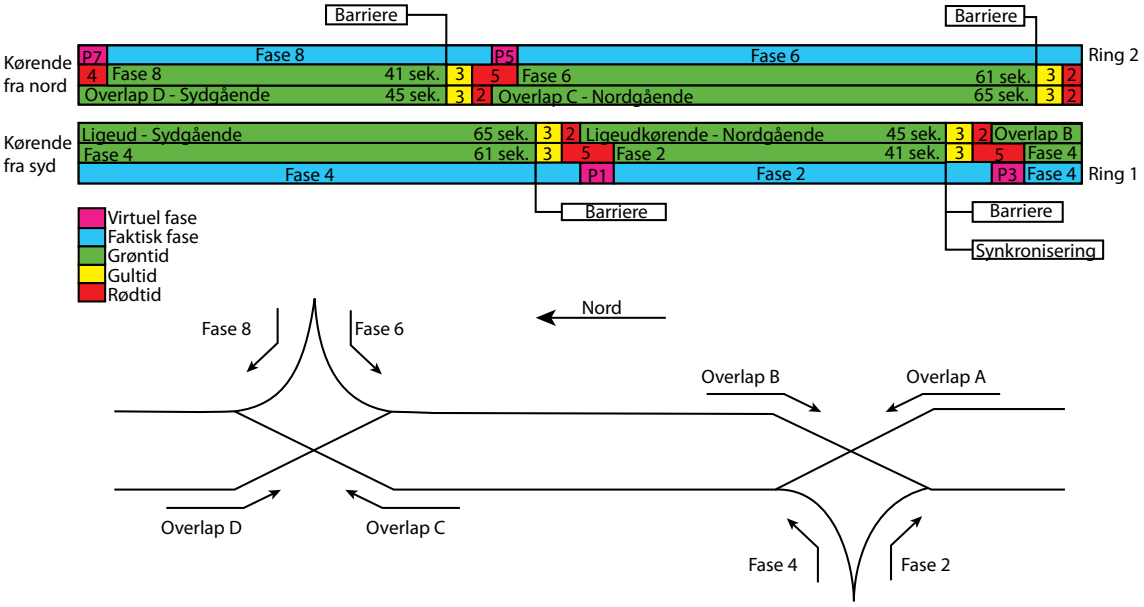


Figur 6.1: Sammenligning af udnyttelsen af signalreguleringens 120 sekunders omløbstid ved forskellige antal faser. [Guide et al., 2014]

Det fremgår tydeligt af figur 6.1, hvordan den procentmæssige fordeling varierer ved en omløbstid på 120 sek. Ved en 2-faset signalregulering er der en dobbelt så stor udnyttelse af grøntiden end ved en traditionel 4-faset signalregulering.



Figur 6.2: Simpel 2-faset signalreguleringsplan uden signal ved tilkørselsramper. [Missouri Department of Transportation, 2010]



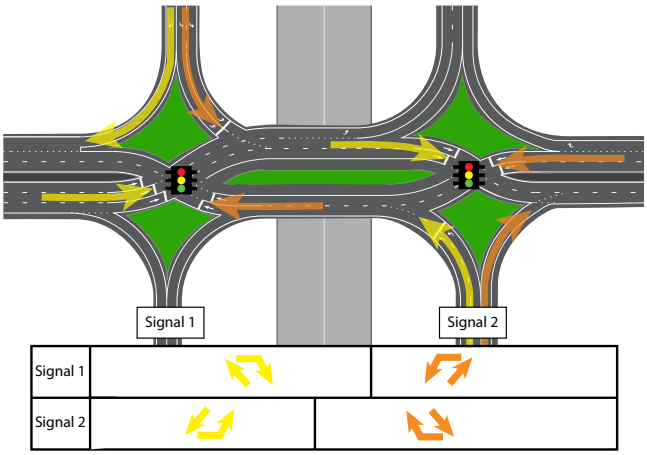
Figur 6.3: Optimeret signalreguleringsplan med signal ved tilkørselsramper som overlappende faser. [Missouri Department of Transportation, 2010]

6.1.1 Signalstyring

Ifølge Schroeder et al. [2014] er der en minimal forskel på, om en signalregulering er styret via et tidsstyret eller et trafikstyret anlæg, hvis der fokuseres på kapaciteten i signalregulering. Dette skyldes, at der kun er en primær vej inkluderet i den undersøgte signalplan. Der er dog fordele ved det trafikstyrede anlæg, såsom i tilfælde af usædvanlig små eller store trafikmængder i én kørselsretning. Når små eller store trafikmængder forekommer, er det muligt at tildele mere grøntid til den kørselsretning, hvor der er den største trafikmængde. Derudover fungerer det trafikstyrede anlæg godt ifm. fodgængere. [Schroeder et al., 2014]

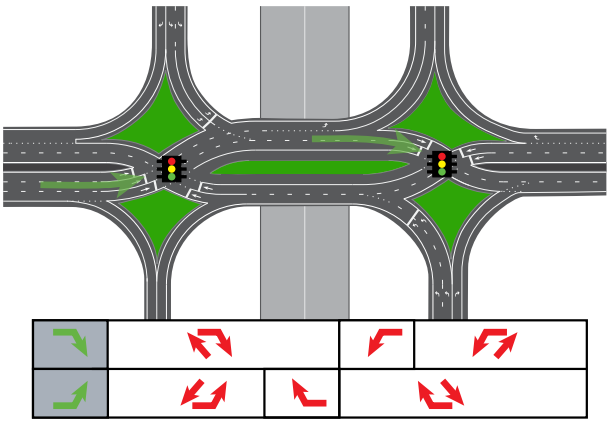
6.1.2 Faser

Signalgruppeplaner kan sammensættes på flere forskellige måder, hvor der i USA primært anvendes to signalgruppeplaner. Den ene type plan består af et helt simpelt tidstyret anlæg, som vist på figur 6.4. I denne signalgruppeplan er en fase dedikeret til hver krydsningsbevægelse, hvormed planen består af to faser. Derudover tildeles eventuelle signaler på ramperne grønt, hvis dette ikke konflikter med anden trafik. Denne signalgruppeplan er meget forsimplet, men anvendelig i det dynamiske ruderanlæg. [Schroeder et al., 2014]

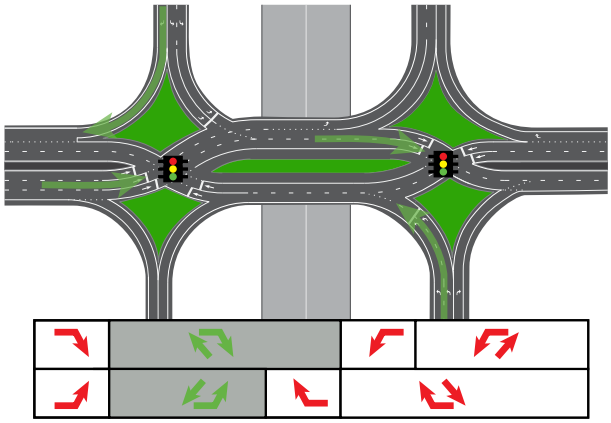


Figur 6.4: Simpel tofaset signalgruppeplan for dynamisk ruderanlæg. [Schroeder et al., 2014]*

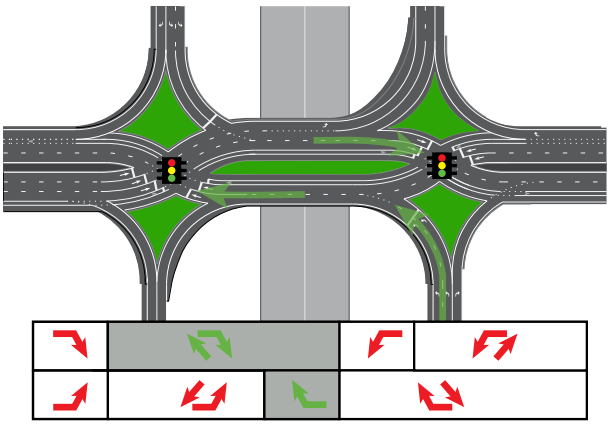
Det har dog vist sig muligt at optimere den simple signalgruppeplan ved at indføre dummy/overlappende faser, hvorved rødtid og ubrugt tid i krydset kan minimeres. Specielt de overlappende faser kan have en positiv indvirkning på kapaciteten og bilistens opfattelse af det dynamiske ruderanlæg. Dette skyldes, at de overlappende faser minimerer tiden, hvor der ikke er køretøjer i krydset, når der skiftes mellem to faser. En optimeret signalgruppeplan er vist på figur 6.5 og 6.6. [Schroeder et al., 2014]



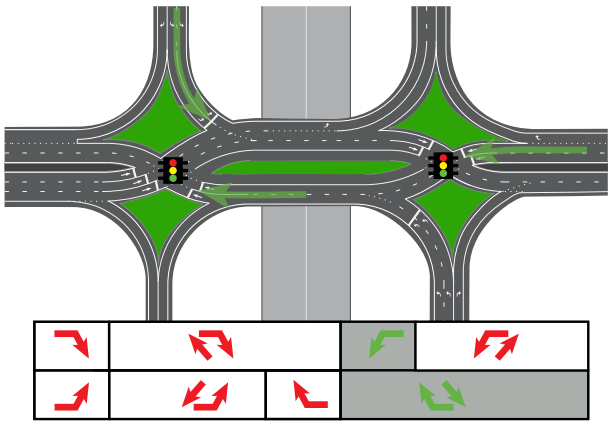
Figur 6.5: Optimeret signalgruppeplan for dynamisk ruderanlæg. [Schroeder et al., 2014]*



Figur 6.6: Optimeret signalgruppeplan for dynamisk ruderanlæg. [Schroeder et al., 2014]*

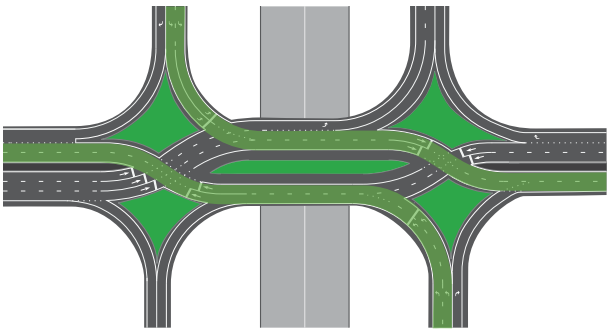


Figur 6.7: Optimeret signalgruppeplan for dynamisk ruderanlæg. [Schroeder et al., 2014]*

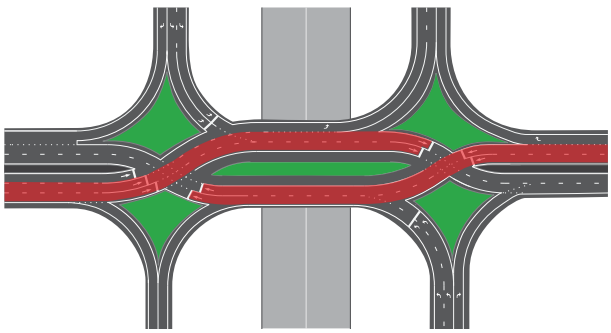


Figur 6.8: Optimeret signalgruppeplan for dynamisk ruderanlæg. [Schroeder et al., 2014]*

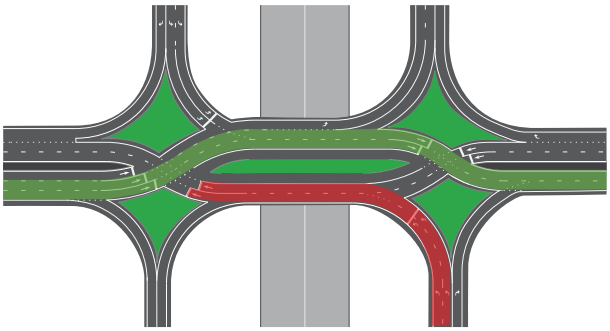
I det dynamiske ruderanlæg er det desuden muligt at favorisere enkelte trafikstrømme, altså ligeudkørende eller svingende trafik på frakørselsramperne. En favorisering kan være relevant i spidstimerne, hvor der kan være en signifikant forskel i trafikstrømmene. Favoriseringen sker således, at den enkelte trafikstrøm får grønt hele vejen gennem det dynamiske ruderanlæg uden at skulle stoppe. Eksempler på favorisering af trafikstrømme er vist på figur 6.9, 6.10, 6.11 og 6.12. Venstresvinget til tilkørselsramperne er som altid frit i det dynamiske ruderanlæg, på nær hvis der forekommer signalregulering af fodgængerstrømme. [Schroeder et al., 2014]



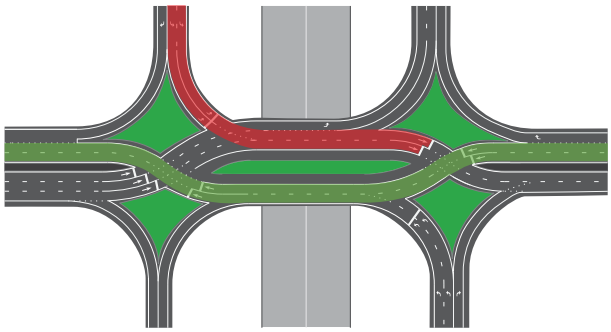
Figur 6.9: Favorisering af frakørsler.



Figur 6.10: Favorisering af frakørsler.



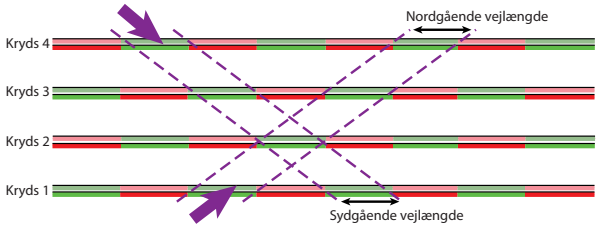
Figur 6.11: Favorisering af ligeudkørende.



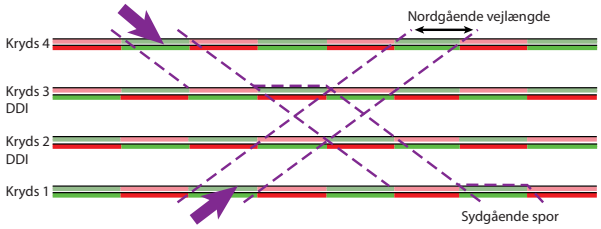
Figur 6.12: Favorisering af ligeudkørende.

6.1.3 Samordning

I et traditionelt ruderanlæg er det muligt at lave grønne bølger ved at koordinere nærtliggende signaler, hvilket kan være til fordel for trafikafviklingen. Et eksempel på grøn bølge i et traditionelt ruderanlæg er vist på figur 6.13. Dette er dog ikke muligt at opnå i et dynamisk ruderanlæg, eftersom det ikke er muligt at etablere grønt for begge ligeudkørende retninger på samme tid, da det er krydsende trafikstrømme. Et eksempel er vist på figur 6.14. Det er derfor kun muligt at favorisere en retning ad gangen i det dynamiske ruderanlæg. Favoriseringen kan med fordel skifte retning i løbet af dagen, således at den grønne bølge forekommer i den retning, hvor trafikstrømmen er størst og derved er signalreguleringen mest effektiv. [Schroeder et al., 2014]

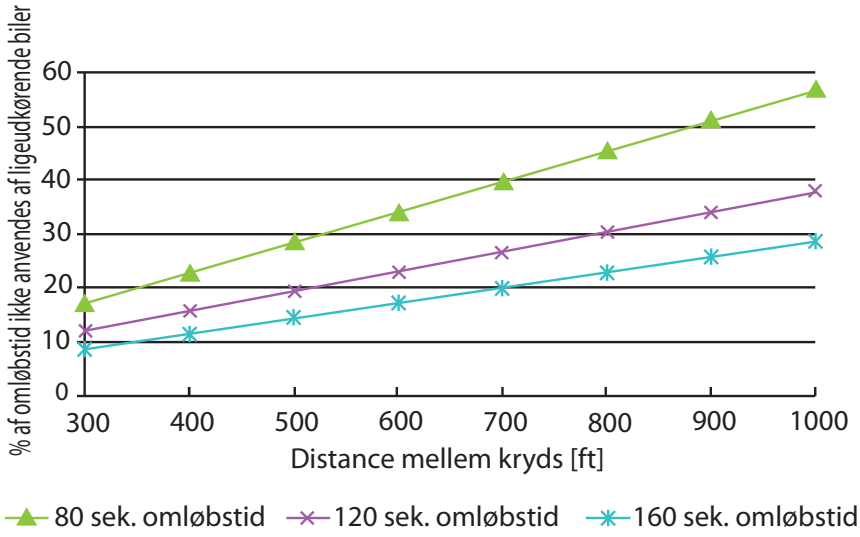


Figur 6.13: Sammenordnet signalanlæg for traditionelt ruderanlæg med dobbeltrettet grøn bølge. [Schroeder et al., 2014]



Figur 6.14: Sammenordnet signalanlæg for dynamisk ruderanlæg med enkeltrettet grøn bølge. [Schroeder et al., 2014]

Afstanden mellem de to signalreguleringer i det dynamiske ruderanlæg er en afgørende faktor for den samlede kapacitet. En mindre afstand mellem krydsene øger kapaciteten, da det er nemmere at samordne signalerne og rejsetiden er mindre end ved en større afstand. Den mindre afstand medfører dog også en mindre opmagasineringslængde mellem signalerne, hvilket kan medføre tilbagestuvning. På figur 6.15 fremgår den procentvise andel af ubrugt omløbstid i det dynamiske ruderanlæg for de ligeudkørende i forhold til afstanden mellem de to signaler. [Schroeder et al., 2014]



Figur 6.15: Procentvise andel af udnyttet omløbstid. [Schroeder et al., 2014]

6.2 Simulering

Eftersom det dynamiske ruderanlæg stadig er en forholdsvis ny krydstype, er det meget begrænset, hvor meget data der foreligger ift. evaluering af trafikafviklingen. Der er foretaget simuleringer af flere anlæg før etableringen af dynamiske ruderanlæg. Disse simuleringer har i de følgende fire studier dannet beslutningsgrundlaget for etableringen af dynamiske ruderanlæg. Studierne er hhv: *Diverging Diamond Interchange Performance Chilukuri et al. [2011], Microscopic Simulation Leong et al. [2015], Simulation Model of Diverging Diamond Interchange for AlabamaAnderson et al. [2015]* og *Dobule Crossover Diamond Interchange[Bared, 2009].*

6.2.1 Diverging Diamond Interchange Performance

Det første dynamiske ruderanlæg i USA blev bygget i Missouri ved krydset mellem I-44 og rute 13. Der er her lavet en før- og efteranalyse. Denne før- og efteranalyse består af en simulering i VISSIM, hvori der er anvendt trafiktal fra selve tilslutningsanlægget og to nærtliggende kryds fra før og efter ombygningen til dynamisk ruderanlæg. Der er desuden lavet et fremtidsscenarie, hvor trafikken er fremskrevet med 1% i alle retninger frem til år 2035. Hastigheder i intervallet 29 km/t - 48 km/t (18 mph - 30 mph) er anvendt i simuleringerne. Disse hastigheder er valgt med udgangspunkt i målinger fra det dynamiske ruderanlæg. I VISSIM er der foretaget 7-8 simuleringer af hvert scenarie for at opnå et statistisk sikkert resultat.

I tabel 6.1 fremgår det, at der er forskel i både gennemsnitlig forsinkelse pr. bil, total forsinkelse og antallet af stop for alle scenarier. Simuleringerne er foretaget for hhv. morgen- og eftermiddagsspidstimen. Resultaterne viser, at der er forskel på, hvilken krydstype der er mest optimal afhængig af tid på døgnet. I morgenspidstimen forekommer den laveste rejsetid i det traditionelle ruderanlæg, selvom der er et større antal stop. I eftermiddagsspidstimen er der en lavere rejsetid for det dynamiske ruderanlæg og et mindre antal stop. Det vurderes derfor, at de enkelte kryds bør analyseres separat. Da retningsfordelingen ikke kendes, kan resultaterne ikke nødvendigvis antages at være generelt gældende for alle dynamiske ruderanlæg.

		Gns. forsinkelse pr. kt. [sek]	**Total forsinkelse [timer]**	**Total stop [-]**
2008	Morgen	32,9	74,0	6290
Traditionel	Eftermiddag	39,4	95,7	7095
2010	Morgen	29,6	68,2	5853
Dynamisk	Eftermiddag	42,4	107,5	7896
2035	Morgen	74,4	184,2	13908
Traditionel	Eftermiddag	103,5	269,6	19701
2035	Morgen	93,0	202,2	11112
Dynamisk	Eftermiddag	95,6	250,7	16881

Tabel 6.1: Resultater for et traditionelt ruderanlæg og et dynamisk ruderanlæg. Resultaterne viser hele netværket i VISSIM-modellen for hhv. morgen- og eftermiddagsspidstimen. [Chilukuri et al., 2011]

I tabel 6.2 fremgår den gennemsnitlige forsinkelse pr. køretøj i de enkelte kryds for hvert scenarie. Det fremgår ud af tabellen, at der er en tendens til, at rejsetiden ved det dynamiske ruderanlæg mindskes, hvilket er en indikator på, at trafikafviklingen i krydset forbedres. De nærtliggende kryds bliver påvirket negativt af ombygningen til dynamisk ruderanlæg.

	Gennemsnitlig forsinkelse pr. køretøj [sek]							
	Traditionel 2008		**Dynamisk 2010**		**Traditionel 2035**		**Dynamisk 2035**	
	Morgen	Eftm.	Morgen	Eftm.	Morgen	Eftm.	Morgen	Eftm.
Norton	25,7	25,2	28,0	30,0	47,4	66,6	49,5	79,4
44 rampe vest	28,1	22,9	17,6	19,6	46,4	66,8	37,5	53,8
44 rampe øst	21,1	25,5	17,1	22,6	33,9	42,5	26,1	34,7
Evergreen	12,7	26,5	15,4	28,3	20,0	40,7	18,5	41,3

Tabel 6.2: Gennemsnitlig forsinkelse for det traditionelle og det dynamiske ruderanlæg simuleret i VISSIM-modellen. [Chilukuri et al., 2011]

Ud fra studiet anbefales det, at der foretages stedsspecifikke studier for at afgøre, i hvilke tilfælde et dynamisk ruderanlæg kan afvikle trafikken bedre end et traditionelt ruderanlæg. Da trafikken afvikles bedre i et dynamisk ruderanlæg i nogle situationer, anbefales det, at denne krydstype inkluderes i overvejelserne for fremtidige udformninger af tilslutningsanlæg. [Chilukuri et al., 2011]

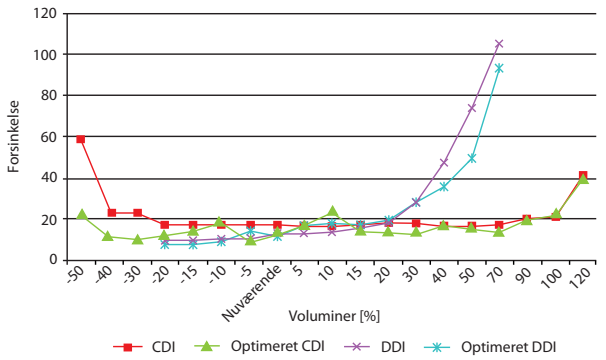
6.2.2 Microscopic Simulation

I dette studie undersøges trafikafviklingen i et eksisterende netværk vha. VISSIM. Netværket inkluderer en motorvej med tilhørende tilslutningsramper, og derudover er der inkluderet en række nærtliggende kryds, da det ønskes undersøgt, hvordan et nærtliggende områdes kommende industriudvikling vil påvirke trafikken i tilslutningsanlægget. Dette gøres med tanke på at fremtidssikre krydset, når en ombygning overvejes. Kapacitetsgrænsen af det nuværende tilslutningsanlæg er opnået, og der dannes derfor kø ned ad motorvejsramperne. I modellen anvendes de eksisterende trafiktal og fremskrivning af trafikken. Der analyseres flere forskellige scenarier herunder det eksisterende anlæg og et dynamisk ruderanlæg. I analysen lægges der vægt på følgende tre faktorer: kølængder, antallet af stop og rejsetiden. Det fremgår af simuleringerne, at der er en generel tendens til, at alle tre faktorer forbedres, når tilslutningsanlægget ombygges til et dynamisk ruderanlæg. Studiet viser desuden, at trafikafviklingen i de nærtliggende kryds forringes. I studiet er der foretaget målinger af hver knude i netværket, men da placeringen af knuderne ikke er beskrevet i analysen, er det ikke muligt at lokalisere de enkelte knuder og det dertilhørende data. Det er dermed ikke muligt at læse, hvordan de enkelte knuder påvirkes. [Leong et al., 2015]

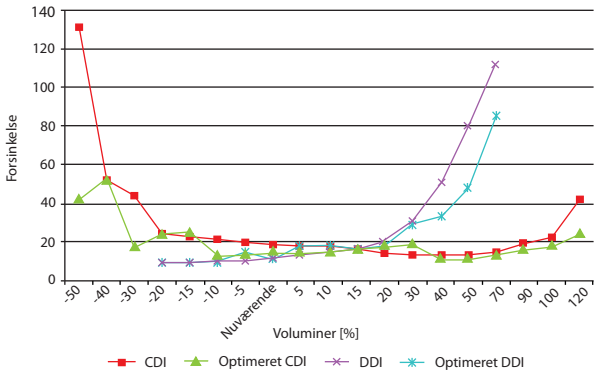
Simulation Model of Diverging Diamond Interchange for Alabama

I dette studie tages der udgangspunkt i tre forskellige krydstyper, herunder det traditionelle ruderanlæg og det dynamiske ruderanlæg. De tre forskellige scenarier simuleres i Synchro med udgangspunkt i trafiktal fra et eksisterende kryds. Herefter justeres trafikmængden fra -50% til +120% for at undersøge trafikafviklingen i de forskellige kryds ved forskellige trafikmængder. Den gennemsnitlige ventetid analyseres i hvert af de tre scenarier.

Studiet indikerer, at ved små trafikmængder er det dynamiske ruderanlæg minimalt mere effektivt ift. det traditionelle ruderanlæg. Dette er illustreret på figur 6.16 og figur 6.17. Analysen viser dog også at overstiger trafikmængden 30% af den eksisterende trafikmængde, stiger ventetiden i det dynamiske ruderanlæg voldsomt ift. det traditionelle ruderanlæg. Resultaterne skyldes, at ventetiden i simuleringerne er bestemt ud fra ventende trafikanter ved signalreguleringerne. Ved det dynamiske ruderanlæg håndteres svingende trafikanter via shuntspor og ikke signalreguleringer. Dette er der ikke taget højde for ved simuleringen af ventetiden, hvorfor resultaterne for det dynamiske ruderanlæg



Figur 6.16: Sammenligning af forsinkelse i kryds A. [Anderson et al., 2015]



Figur 6.17: Sammenligning af forsinkelse i kryds B. [Anderson et al., 2015]

ikke er retvisende. I analysen anbefales det, at der altid bør foretages simuleringer, før det besluttes, hvilken krydsløsning der implementeres. [Anderson et al., 2015]

6.2.3 Dobule Crossover Diamond Interchange

I dette studie er der lavet en simulering vha. VISSIM. I simuleringen sammenlignes trafikafviklingen i et traditionelt ruderanlæg med et dynamisk ruderanlæg. Studiet viser, at den gennemsnitlige forsinkelse reduceres med 15-60% ved et dynamisk ruderanlæg og kapaciteten forbedres med 10-30%. Simulering af trafikafviklingen med lavere trafikmængder viser, at der er lighed i effektivitet mellem det traditionelle ruderanlæg og det dynamiske ruderanlæg. [Bared, 2009]

6.2.4 Opsamling

Det kan på baggrund af studierne konkluderes, at der er potentiale for effektivisering af tilslutningsanlæg vha. dynamiske ruderanlæg. Der er dog ingen entydig konklusion på, ved hvilke trafikmængder og i hvilke sammenhænge anlægget vil være optimal. Disse punkter bør undersøges yderligere, således der kan udarbejdes en generel vejledning om anvendelsen af dynamiske ruderanlæg.

Kapitel 7

Opsamling på litteraturstudie

Gennem litteraturstudiet er vigtigheden af en korrekt udformning, trafiksikkerheden for både hårde og bløde trafikanter samt trafikafviklingen i dynamiske ruderanlæg blevet belyst ud fra den tilgængelige amerikanske litteratur.

Ved dimensioneringen af et dynamisk ruderanlæg er det vigtigt, at anlægget udformes geometrisk korrekt. Geometrien er essentiel både i forhold til, hvordan det føles for bilister at køre i anlægget, men også ift. trafiksikkerheden. Med korrekte krydsningsvinkler og oversigtsforhold mindskes risikoen for uheld grundet trafikstrømme fra uventede retninger og risikoen for at køre i den forkerte vejbane. God skiltning ifm. anlæggene skal være med til at sikre, at trafikanter er opmærksomme på den specielle anlægstype, så det dermed er muligt for trafikanterne at placere sig korrekt. Yderligere skal god skiltning foruden geometrien være med til at sikre, at den ønskede hastighed gennem anlægget ikke overskrides.

Et dynamisk ruderanlæg har næsten halvt så mange konfliktpunkter som traditionelle ruderanlæg. Ved sammenligning af de to anlægstyper er antallet af kollisioner faldet efter ombygningen til det dynamiske ruderanlæg. De registrerede uheld var desuden mindre alvorlige efter ombygningen. Dette skønnes bl.a. at være på grund af elimineringen af venstresvingsulykker og fordi uheldene skete ved væsentligt lavere hastigheder end før ombygningen. Bløde trafikanter er inkluderet i flere af anlæggene i USA, og der anbefales to måder at inkludere dem som en del af anlægget hhv. ved en indre og en ydre placering.

Hvad angår trafikafvikling, er det udelukkende muligt at prioritere en køreretning ad gangen ift. at samordne signalerne og dermed lave en grøn bølge. Der vil derfor altid være en retning, der er prioriteret frem for den anden. Simuleringer af dynamiske og traditionelle ruderanlæg viser, at der overordnet set sker en forbedring af trafikafviklingen ved ombygning til dynamiske ruderanlæg. Forbedringen ses både ved nuværende (år 2008) og ved fremskreven trafikmængde (år 2035).

På baggrund af litteraturstudiet er det dynamiske ruderanlæg langt at foretrække fremfor traditionelle ruderanlæg både ift. trafiksikkerhed og -afvikling. Der er dog alligevel flere punkter, der kræver yderligere analyse ift. implementeringen af anlægstypen i Danmark. Det er meget begrænset, hvad der er lavet af analyser af tilstedeværelsen af bløde trafikanters påvirkningen af trafikafviklingen og hvordan det opleves for bløde trafikanter at færdes i et dynamisk ruderanlæg. Da bløde trafikanter fylder mere i den daglige trafik i Danmark, er dette yderst essentielt. Yderligere er det dynamiske ruderanlæg primært sammenlignet med traditionelle ruderanlæg. I Danmark er flere tilslutningsanlæg med rundkørsler, hvorfor det også vil være essentielt at foretage sammenligninger med denne udformning.

Del II

Analyse

Kapitel 8

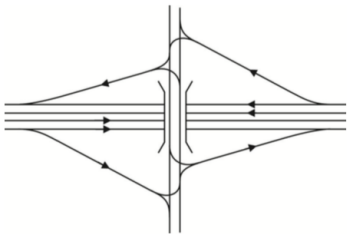
Tilslutningsanlæg

Gennem litteraturstudiet blev det vurderes, at et dynamisk ruderanlæg er bedre til at afvikle større mængder af trafik end traditionelle ruderanlæg. Det er dermed relevant indledende at undersøge, om der er anlæg i Danmark, hvor en ombygning til dynamiske ruderanlæg vil kunne være relevant, hvilket beskrives i dette kapitel. Yderligere beskrives trafiksikkerheden, alternative reguleringer af dynamiske ruderanlæg, og placeringen af fodgængere og cyklister. Herudover præsenteres tilslutningsanlæg 52 Odense SV.

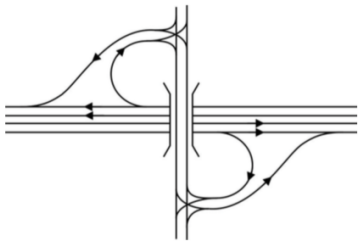
Der findes i Danmark en række forskellige udformninger af tilslutningsanlæg, der forbinder motorvejsnettet med de resterende vejnet. Tilslutningsanlæggets udformning afhænger af flere forskellige faktorer. Anlæg placeret i forbindelse med bebyggelse ønskes oftest som mindre anlæg, men er anlægget er placeret i det åbne land, kan der være bedre plads til større anlæg. Udformningen afhænger også af den trafik, der skal afvikles i anlægget både ift. trafikmængde og trafikstrømme.

8.1 Tilslutningsanlæg i Danmark

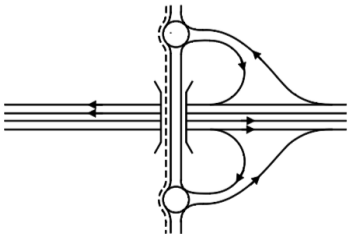
En gennemgang af de danske tilslutningsanlæg, der ligger i forbindelse med motorvejsnettet, viser, at de mindre anlæg primært består af ruderanlæg, S-anlæg, B-anlæg, dobbelt rundkørsler, knogleanlæg eller fordelerringe, hvor der af hver findes forskellige udformninger, der er tilpasset den specifikke geografi og trafik. Anlæggene er illustreret på figurerne herunder.



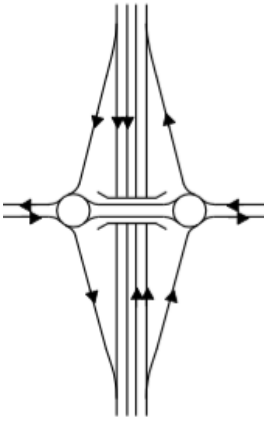
Figur 8.1: Skitse af et ruderanlæg.[Poulsen et al., 2012a]



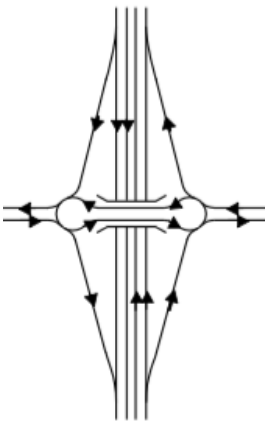
Figur 8.2: Skitse af et S-anlæg.[Poulsen et al., 2012a]



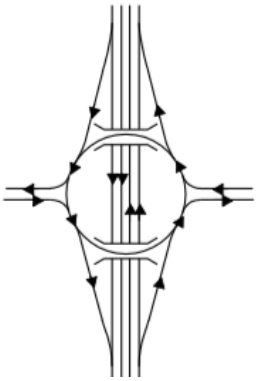
Figur 8.3: Skitse af et B-anlæg. [Poulsen et al., 2012a]



Figur 8.4: Skitse af dobbelt rundkørsler. [Poulsen et al., 2012a]



Figur 8.5: Skitse af et knogleanlæg. [Poulsen et al., 2012a]



Figur 8.6: Skitse af en fordelerring. [Poulsen et al., 2012a]

Ved de større anlæg omkring de større byer og steder med større trafikmængder ses der f.eks. flyover og andre variationer, hvor udformningerne er kombineret efter aktuelle behov. Yderligere findes forskellige forbindelsesanlæg, der forbinder og deler nogenlunde ligestillede veje som f.eks. to motorveje. Der er ligeledes forskellige typer såsom bl.a. kløverblad, trekant med y-anlæg og turbiner.

Fokus vil fremadrettet i analysen være på anlæg, som vil være forholdsvist simple at ombygge til fra den nuværende udformning til dynamiske ruderanlæg, og hvor arealbehovet svarer nogenlunde overens med arealbehovet for dynamiske ruderanlæg. De mindre anlæg er mindre pladskrævende og arealbehovet stemmer i højere grad overens med dynamiske ruderanlæg ift. de store anlæg. Det er ikke muligt at lave et dynamisk ruderanlæg som et forbindelsesanlæg.

En gennemgang af de danske tilslutningsanlæg, der ligger i forbindelse med motorvejsnettet, viser, at der primært er tre forskellige udformninger af de mindre tilslutningsanlæg:

- Traditionelt ruderanlæg (signal- og vigepligtsreguleret)
- Dobbelt rundkørsel
- En kombinationen af ruderanlæg og rundkørsel

Figur 8.7: Eksempel på tilslutningsanlæg udformet som et ruderanlæg. [Google Earth]

Figur 8.8: Eksempel på tilslutningsanlæg med dobbelt rundkørsel. [Google Earth]

Figur 8.9: Eksempel på tilslutningsanlæg med en kombination. [Google Earth]

I figur 8.10 er de steder, hvor de tre tilslutningsanlægs typer er opført i Danmark markeret.

Figur 8.10: Placering af de tre tilslutningsanlægstyper i Danmark.

Disse tre typer af tilslutningsanlæg findes i forskellige variationer som f.eks. et traditionelt ruderanlæg udformet som et forskudt F-kryds. Det antages, at disse variationer hører under samme kategori, og kategorierne specificeres ikke yderligere. Som nævnt ovenfor er nogle tilslutningsanlæg placeret i forbindelse med bebyggelse, hvorfor det vil kunne forventes, at der her kan findes bløde trafikanter som en integreret del af tilslutningsanlægget. I de tilslutningsanlæg, der ligger i det åbne land, forventes det ikke, at der er taget højde for de bløde trafikanter. I tabel 8.1 er angivet antallet af tilslutningsanlæg i hver kategori, og om der er bløde trafikanter integreret med fortov og/eller cykelsti.

	Antal	Fodgængere	Cykelister
Traditionelt ruderanlæg	73	8	32
Dobbelt rundkørsel	22	1	12
Kombination	25	0	6
I alt	12	9	50

Tabel 8.1: Oversigt over tilslutningsanlæg i Danmark.

Det ønskes at inddele de eksisterende anlæg efter trafikmængder. Der fokuseres primært på de ligeudkørende på den underordnede vej og de højresvingende, der kører enten til eller fra motorvejen, da det er disse to kørestrømme, der er de afgørende i et dynamisk ruderanlæg. For at kunne sammenligne og vurdere de nuværende udformninger med det dynamiske ruderanlæg er de trafikmængder, der er angivet i tabel 8.2, den samlede trafikmængde, der passerer motorvejsbroen. Dermed er det udelukkende de ligeudkørende og de venstresvingende, der er inkluderet i trafikmængden.

	Intervaller af trafikmængder ÅDT (Angivet i tusinderne)							
	0 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 25	25 - 30	30 - 35	Ingen data
Traditionelt ruderanlæg	6	12	5	3	1	0	0	47
Dobbelt rundkørsel	4	4	2	0	0	0	0	11
Kombination	6	4	1	0	0	0	0	14
I alt	16	20	8	3	1	0	0	72

Tabel 8.2: Oversigt over antallet af anlæg med følgende trafikmængdeintervaller i Danmark. Trafikmængderne er

Fokuseringen på disse anlægstyper skyldes, udover at der er bygget mange af dem i Danmark, at tilslutningsanlæg med de tre forskellige udformninger er forholdsvist lette at ombygge til dynamiske ruderanlæg bl.a. ift. arealanvendelse. Det kan resultere i problemer, hvis et anlæg skal ombygges nær tæt bebyggelse og hvis der ved det nye anlæg kræves et større areal end det gamle.

8.2 Trafiksikkerhed

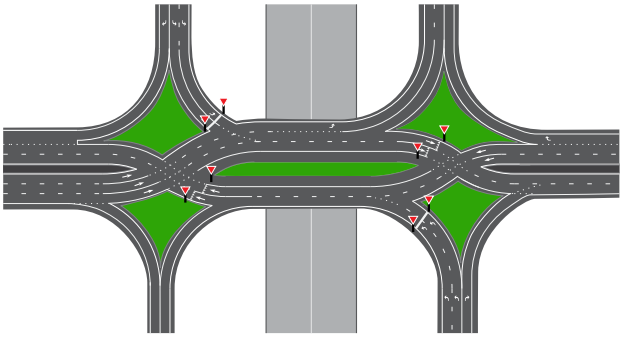
Trafiksikkerheden i tilslutningsanlæggene er et vigtigt aspekt, da der ofte er store trafikmængder i tilslutningsanlæggene, og det er derfor essentielt at have så trafiksikre anlæg som muligt. Erfaringerne med trafiksikkerhed er beskrevet i kapitel kapitel 5 (s. 13) i litteraturstudiet, som har baggrund i litteraturen fra USA. Til analysen vil der blive anvendt de tre tilslutningstyper: traditionelt ruderanlæg, dobbelt rundkørsel og dynamisk ruderanlæg. Konfliktpunkterne for disse anlæg er opsummeret i tabel 8.3 og illustreret på figur 5.1, figur 5.2 og figur 5.3 (s. 14).

Anlægstype	Konfliktpunkter			
	Skæring	Udfletning	Indfletning	I alt
Traditionelt ruderanlæg	10	8	8	26
Dobbelt rundkørsel	0	6	6	12
Dynamisk ruderanlæg	2	6	6	14

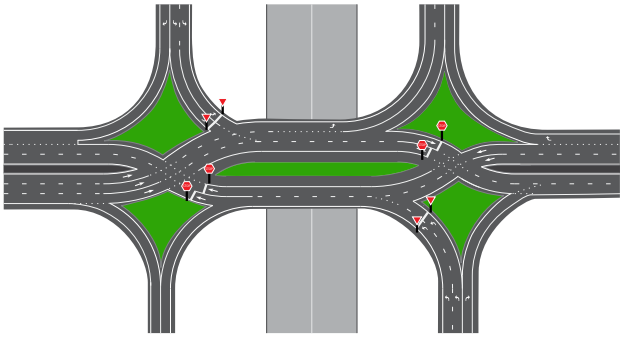
Tabel 8.3: Antallet af konfliktpunkter pr. tilslutningsanlæg.

8.3 Alternative dynamiske ruderanlæg

Det dynamiske ruderanlæg opbygges som standard med to signalreguleringer placeret der, hvor de to kørselsretninger krydser. En alternativ trafikstyring kan være styring gennem enten vigepligt eller fuld stop, som der bl.a. anvendes ved traditionelle ruderanlæg. Det dynamiske ruderanlæg vil skulle reguleres, som illustreret på figur 8.11 og figur 8.12 for hhv. vigepligt og fuld stop.



Figur 8.11: Vigepligtsreguleret dynamisk ruderanlæg.



Figur 8.12: Dynamisk ruderanlæg reguleret via fuld stop.

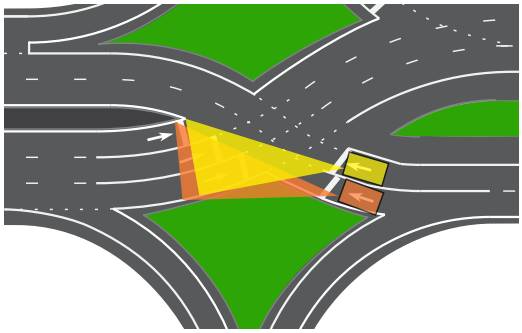
8.3.1 Trafiksikkerhed

Da denne type kryds er nye findes der ikke empiriske erfaringer ift. sikkerheden, og derfor er trafiksikkerheden vurderet ud fra en generel viden om de enkelte elementers sikkerhed. Ved at styre trafikken på den alternative måde pålægges bilisterne i højere grad at være nærværende og observante, når de færdes i tilslutningsanlægget. Ved at fjerne signalet er det op til bilisterne at være opmærksomme på, hvor modkørende trafik kommer fra og hvornår vejbanerne krydser. Det kan forventes, at indkørende i anlægget vil have en højere hastighed ved den første krydsning og en lavere hastighed ved den anden krydsning i anlægget. Af denne grund er reguleringerne placeret som illustreret på figur 8.11 og 8.12. Ved at placere vigepligt eller fuld stop ved det andet kryds kan det forventes, at forholdene i en højere grad vil blive overholdt. Ved at placere reguleringen her vil det udelukkende være den ligeudkørende trafik, der påvirkes, da både den højre- og den venstresvingende trafik vil være kørt fra via shuntsporerne.

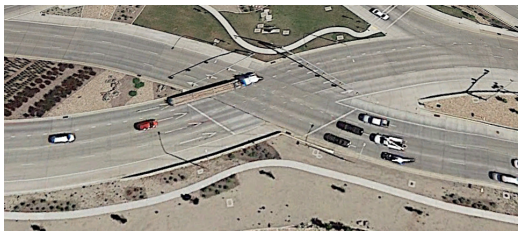
8.3.2 Oversigtsforhold

Ved at styre trafikken med signaler er det ikke nødvendigt at sikre gode oversigtsforhold for alle biler i forhold til modkørende trafik, da den modkørende trafik styres af signalreguleringen. På figur 8.13 er et dynamisk ruderanlæg illustreret, hvor der er gode oversigtsforhold og hvor det er muligt for alle trafikanter at se den modkørende trafik ved signalreguleringen. På figur 8.15 er et anlæg illustreret, hvor det ikke er muligt at se den modkørende trafik for andre end trafikanten i vejbanen tættest på den modkørende trafik. Ud fra eksemplerne kan det ses, at der er forskel i vinklen mellem de to krydsende vejbaner, og det er netop denne vinkel, der er afgørende for, om der er gode oversigtsforhold.

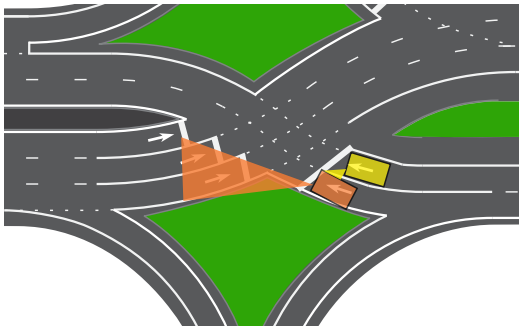
Figur 8.13: Tilslutningsanlæg ved Salt Lake City hvor der er gode oversigtsforhold for alle trafikanter ved stopstregen.



Figur 8.14: Illustration af hvordan en forskudt stopstreg vil kunne give oversigtsforhold for begge vejbaner.



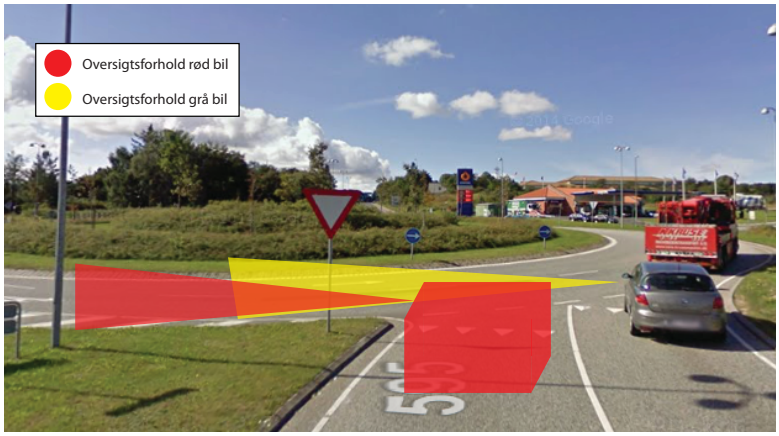
Figur 8.15: Tilslutningsanlæg ved Salt Lake City hvor der kun er dårlige oversigtsforhold for vejbanen tættest på den modkørende trafik.



Figur 8.16: Illustration af hvordan trafikanterne kan skygge for oversigten i krydset.

Parallel til dobbeltsporet rundkørsel

Der kan drages paralleller til en dobbeltsporet rundkørsel ift. oversigtsforhold Der er dog den forskel ift. dynamiske ruderanlæg, at vinklen mellem tilslutningssporene og sporene i rundkørslen naturligt giver gode oversigtsforhold for begge trafikanter. Dette er illustreret på figur 8.17. Som det kan ses ved sammenligning af figur 8.16 og 8.17, er der større sandsynlighed for, at begge trafikanter har frit udsyn i den dobbeltsporede rundkørsel ift. det dynamiske ruderanlæg.



Figur 8.17: Oversigtsforhold i en tosporet rundkørsel ift. trafikanternes placering illustreret ud fra grå bil og rød markering.

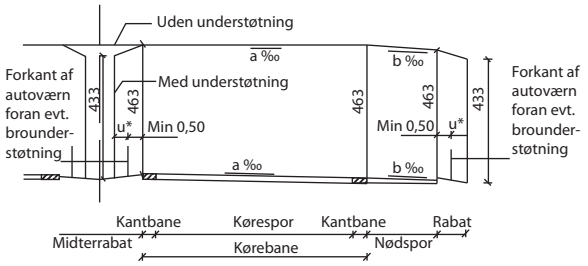
8.4 Fodgængere i et dynamisk ruderanlæg

I USA er det begrænset, hvor mange steder de bløde trafikanter er integreret i det dynamiske ruderanlæg grundet den lave mængde af bløde trafikanter. I Danmark findes fodgængere og bløde trafikanter i et stort omfang især i nærheden af de større byer, hvorfor det er nødvendigt at undersøge mulighederne for, at disse typer trafikanter kan bevæge sig effektivt og sikkert gennem et dynamisk ruderanlæg, uden at effektiviteten af anlægget påvirkes i for høj en grad.

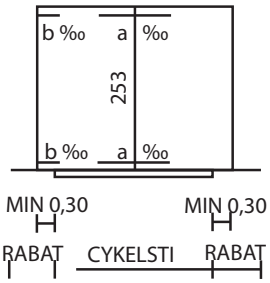
Overordnet set er der to muligheder for at lede fodgængere over motorvejen, hvilket enten er gennem det dynamiske ruderanlæg, hvor de vil få indvirkning på den øvrige trafik eller helt udenom anlægget via f.eks. en separat bro eller underføring.

8.4.1 Fodgængere i eget tracé

De bløde trafikanter kan ledes udenom det dynamiske ruderanlæg ved at anlægge en fællessti for cykler og fodgængere i eget tracé. Ved at føre fodgængere og cyklister uden om det dynamiske ruderanlæg opnås den bedste løsning ift. trafiksikkerhed og påvirkning af kapaciteten i anlægget, da fodgængerne ikke færdes i anlægget, og dermed ikke kan have nogen indflydelse på anlægget. Tracéet kan udføres i niveaufri skæring med ramperne vha. enten bro eller tunnel. Broen skal udføres, således der er frirumshøjde nok til, at der kan køre lastbiler på ramperne. Frirumsprofilet for broer er vist i figur 8.18. Frirumsprofilet for stier er vist i figur 8.19.



Figur 8.18: Krav til frirumsprofiler for broer.[Vejdirektoratet, 1998]*



Figur 8.19: Krav til frirumsprofiler for stier.[Vejdirektoratet, 1998]*

Der bør tages hensyn til de bløde trafikanter i forbindelse med projektering af fællesstiens tracé. I tabel 8.4 udgivet af [Poulsen et al., 2012b] fremgår de anbefalede værdier for udformningen af fællesstien, således hældningen vil være acceptabel for cyklister med det succeskriterie, at de ikke vil stige af cyklen.

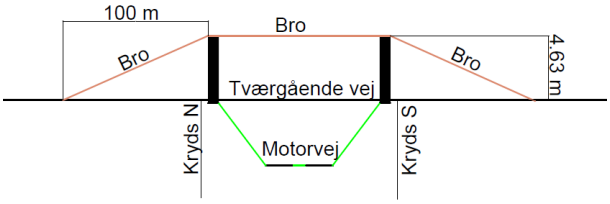
Stigning		Største længde	Overvundet højdeforskel
50 ‰	1:20	50 m	2,5 m
45 ‰	1:22	100 m	4,5 m
40 ‰	1:25	200 m	8,0 m
35 ‰	1:29	300 m	10,5 m
30 ‰	1:33	500 m	15,0 m

Tabel 8.4: Sammenhæng mellem stigning og stigningslængder for stier med cykeltrafik. [Poulsen et al., 2012b]

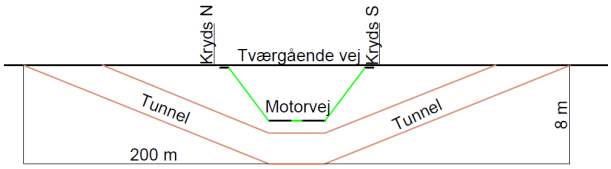
Tracé i forbindelse med tilslutningsanlæg

Fællesstierne kan placeres i umiddelbar nærhed af det dynamiske ruderanlæg, hvilket vil medføre, at afstanden, som skal tilbagelægges for at krydse motorvejen, ikke vil forlænges i for høj grad. Dette vil til gengæld medføre en betydelig stigning i antallet af højdemeter pga. længdeprofilets bløde udformning.

Den største ulempe der er ved at placere linjeføringen af fællestien i forbindelse med tilslutningsanlægget er den store øgning i antallet af højdemeter ifm. færdsel gennem anlægget ved enten tunnel eller bro. En skitse af længdeprofilet for henholdsvis tunnel og bro er vist i figur 8.21 og 8.20.



Figur 8.20: Skitse af længdeprofil for fællesti som krydser ramperne med en bro.



Figur 8.21: Skitse af længdeprofil for fællesti som krydser ramperne med en tunnel.

Tracé i umiddelbar nærhed af tilslutningsanlægget

Fællestiens tracé kan anlægges et stykke væk fra det dynamiske ruderanlæg. Dette vil medføre, at de bløde trafikanter ledes et stykke udenom anlægget, hvilket vil forlænge afstanden, som skal tilbagelægges. Længdeprofilet for denne løsning vil dog ligne den tværgående vejs længdeprofil, eftersom til- og frakørselsramperne ikke vil skulle krydses. Længdeprofilet vil derfor være plan.

Hvis det ønskes, at de bløde trafikanter skal have deres eget tracé, er det ikke anbefalingsværdigt at anlægge den niveaufri skæring i nærheden af det dynamiske ruderanlæg, hverken som bro eller tunnel, grundet vertikalprofilets udformning. Udformningen vil medføre store vertikale højdeforskelle, som skal forceres af de bløde trafikanter og derudover vil æstetikken i krydsningen være uhensigtsmæssig. Det anbefales, at linjeføringen føres udenom det dynamiske ruderanlæg, således længdeprofilet tilgodeser de bløde trafikanter. Dette til trods for, at længden, som skal tilbagelægges, forøges.

Ulempen er, at alternativerne med fodgængere i eget tracé vil være dyre og distancen for fodgængerne forøges både horisontalt og vertikalt.

8.4.2 Fodgængere som en del af anlægget

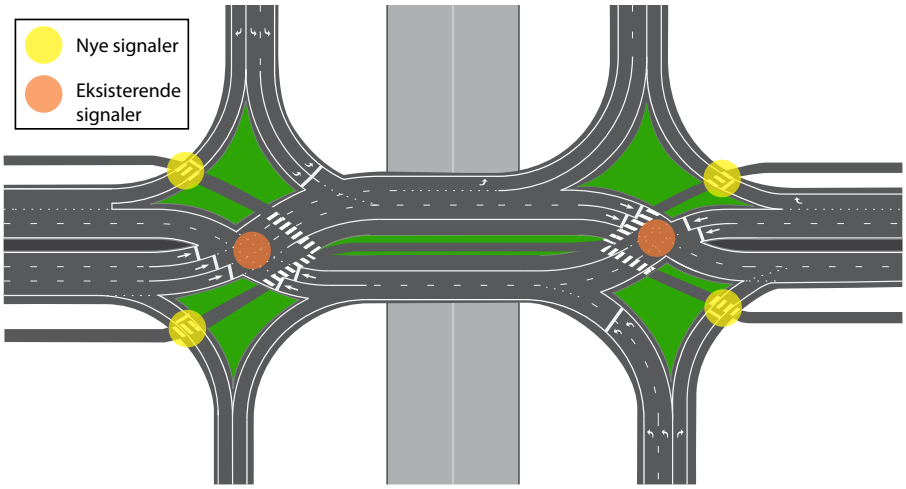
Når de bløde trafikanter skal interagere med de hårde trafikanter mindskes sikkerheden ift. det separate anlæg. Når de bløde trafikanter skal inkluderes i anlægget, er det muligt at placere dem, således at de krydser broen midt mellem to tværgående køreretninger eller således at de krydser broen på ydersiden af vejbanerne. For at undersøge den faktisk indflydelse af fodgængere i dynamiske ruderanlæg simuleres de to scenarier i VISSIM.

Placering i midten af anlæg

Ved at placere fodgængerne i midten af anlægget er det muligt at lede fodgængerne gennem de i forvejen signalregulerede kryds, dog med en mulig forlængelse af grøntiden for at sikre, at fodgængerne har tid nok til at krydse vejbanerne. Stederne, hvor fodgængerne skal krydse den øvrige trafik, er illustreret på figur 8.22. En fordel ved krydset her frem for i et traditionelt ruderanlæg er, at det kun krydses en køreretning ad gangen og der opstår ikke situationer, hvor svingende biler skal krydse

en fodgængerstrøm. For den mest optimale trafikafvikling kan signalet for fodgængere trafikstyres, således der udelukkende sker en forlængelse af grøntiden, når bløde trafikanter er til stede ved signalreguleringen.

Signalerne, der skal lede fodgængerne sikkert over ramperne, kan og vil højest sandsynligt påvirke kapaciteten negativt. Dermed vil noget af den specielle effekt ved netop dynamiske ruderanlæg forsvinde. Alternativet vil være at lave vigepligtsregulerede fodgængerovergange i forbindelse med ramperne. Dette vil dog ikke være et muligt alternativ grundet en øget følelse af utryghed vurderet på baggrund af personlig erfaring med dette i USA. Erfaringen viste, at bilerne, der kører på motorvejen, begynder at accelerere allerede i shuntsporet for at nå op på hastigheden på motorvejen. Bilerne på frakørslerne var stadig i færd med at decelerere fra hastigheden på motorvejen til hastigheden på den tværgående vej. Grundet de høje hastigheder føltes det ubehageligt at skulle krydse ramperne uden en signalregulering. Det kan dog overvejes at lave en krydsning uden signalregulering i anlæg med lave trafikmængder af både bløde og hårde trafikanter.

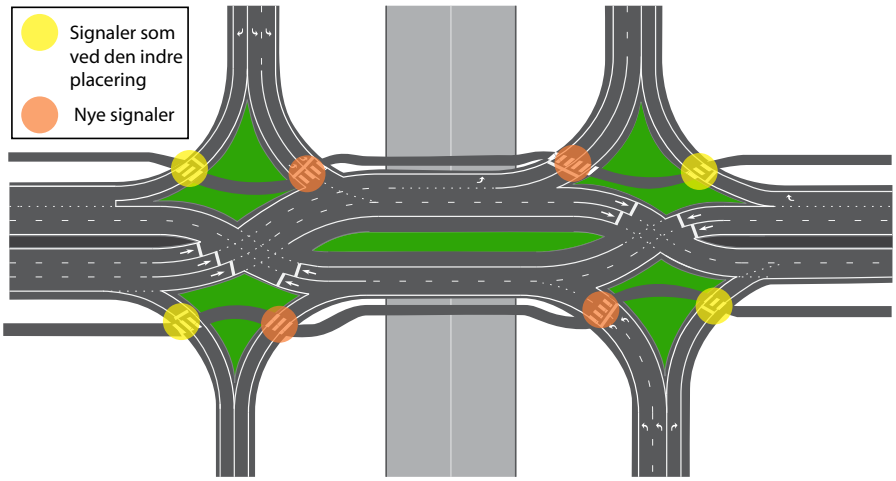


Figur 8.22: Punkterne i et dynamisk ruderanlæg, hvor fodgængere skal krydse trafikstrømme i nye og eksisterende signalreguleringer.

Placering på ydersiden af anlæg

Fordelene ved en placering på ydersiden af anlægget er bl.a., at det for fodgængerne kan føles mere sikkert, da der kun vil forekomme kørende biler på den ene side og ikke på begge sider, og så minder dette mere om et traditionelt ruderanlæg hen over broen. Det kan være med til, at det føles mere sikkert, fordi det kan virke mere kendt til trods for, at bilerne kommer fra en anden retning end normalt.

Der er de samme ulemper i forhold til krydsningen ved ramperne som beskrevet ved placeringen i midten af anlægget. Det vil ved en ydre placering være nødvendigt med signaler på de resterende tilslutningsramper som illustreret på figur 8.23.



Figur 8.23: Punkterne i et dynamisk ruderanlæg, hvor fodgængere skal krydse trafikstrømme i nye og eksisterende signalreguleringer.

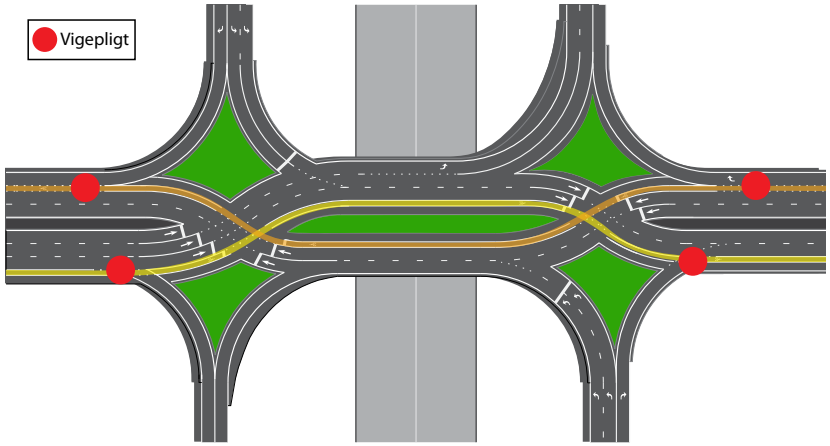
Tilkørselsramperne mellem selve broen og motorvejen vil ved dette scenarie skulle styres af signalreguleringer. Placeringen af signaler her vil ved en høj mængde hårde og bløde trafikanter kunne medføre, at der vil ske en tilbagestuvning på broen, når den svingende trafik holder tilbage for fodgængere. Dette kan medføre, at broen bliver blokeret, hvilket vil være yderst uhensigtsmæssigt for trafikafviklingen. Det kan forventes, at der i spidstimen, hvor der ankommer flest køretøjer, vil ankomme flest fodgængere. Det kan derfor give problemer med afviklingen af trafikken, hvis der ofte er fodgængere, der skal kryds anlægget, og bilerne dermed bliver tvunget til at stoppe.

8.5 Cyklister i dynamiske ruderanlæg

Cyklister er tilstede i alle de store byer i Danmark, og flere kommuner i Danmark har i et vist omfang fokus på cyklister og cyklisme i byerne. Da det dynamiske ruderanlæg vil kunne forventes at blive anlagt i bynære områder, er det relevant at undersøge, hvad mulighederne er for at have cykler som en del af anlægget. I litteraturstudiet blev de amerikanske erfaringer med cyklister i dynamiske ruderanlæg beskrevet i afsnit 5.5 (s. 16). Cyklisme udgør en mindre del af hverdagstrafikken i USA ift. Danmark, hvorfor cyklisme nok ikke har samme fokus i USA, som det har i Danmark. I flere amerikanske anlæg placeres cyklisterne i et optegnet cykelfelt eller direkte på kørebanen. På denne måde vil cyklisterne følge bilerne gennem anlægget og dermed også foretage vejbaneskift i signalanlæggene. I andre anlæg placeres cyklisterne sammen med fodgængerne både ift. krydsning af vejbaner, med og uden signal, og ift. færdsel gennem anlægget. Cyklisternes placering ift. vigepligter, påvirkning af anlægget og trafiksikkerhed undersøges derfor på et overordnet og teoretisk niveau.

8.5.1 Cyklister placeres, så de følger trafikken

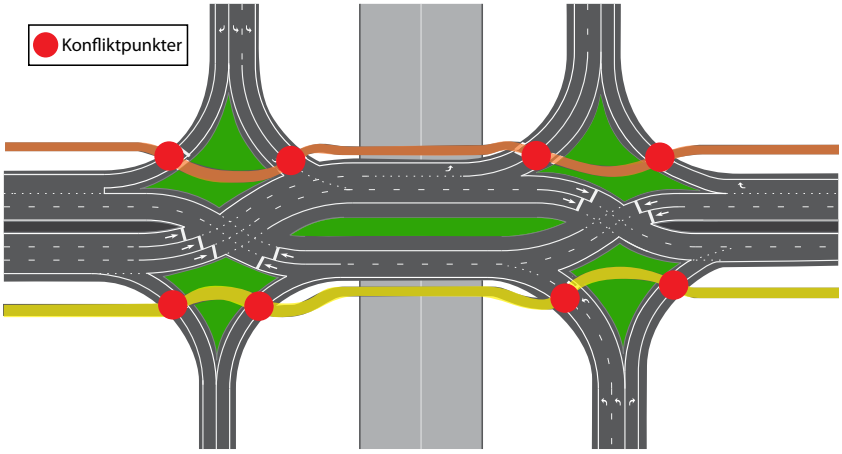
Placeres cyklisterne, således at de følger de hårde trafikanter gennem anlægget, vil der være fire punkter, hvor det vil være nødvendigt med vigepligt for enten biler eller cyklister. De fire punkter er illustreret på figur 8.24. Det er disse fire steder, hvor trafikstrømmene krydser hinanden. Anlægges der en cykelbane, hvormed bilisterne har vigepligt, vil cyklisterne være prioriteret, og de vil køre gennem anlægget uden videre forsinkelser. Som det ses på skitsetegningen, er vigepligterne placeret, hvor cyklisternes spor krydser bilernes spor ved til- og frakørslerne til motorvejen. Det kan forventes, at bilisterne vil begynde at øge hastigheden netop omkring dette punkt eller tidligere, for at hastigheden tilpasses motorvejstrafikkens hastighed. Er det derimod cyklisterne, der har vigepligten, vil rejsetiden for cyklisterne stige, og det forventes at være utrygt at skulle krydse bilisternes kørestrøm.



Figur 8.24: Cyklisters placering med trafikken i dynamisk ruderanlæg og vigepligtspunkter mellem biler og cykler.

8.5.2 Cyklister placeres på egen cykelsti

Placeres cyklisterne sammen med fodgængerne i ydersiden af anlægget, som det er illustreret på figur 8.25, vil der være otte steder i anlægget, hvor cyklister skal krydse bilisternes kørestrømme. Krydsningerne vil foregå ved alle til- og frakørselsramper i anlægget. Ved at anlægge et cykelfelt i forbindelse med fodgængerfelterne vil bilerne få vigepligt. Dette vil angiveligt påvirke kapaciteten af krydset, når bilerne skal holde tilbage. Anlægges der ikke et cykelfelt, vil vigepligten tilhøre cyklisterne og cyklisternes rejsetid gennem krydset vil blive påvirket. For at undgå at cyklisterne i tilfælde med meget trafik blot står af cyklen og anvender fodgængerfeltet, fjernes fodgængerfeltet ligeledes. Dermed har alle bløde trafikanter vigepligt, og bilisterne påvirkes ikke af de bløde trafikanters tilstedeværelse i anlægget. Forventningen er antaget ud fra observeret cyklistadfærd, og teorien er ikke understøttet nærmere.



Figur 8.25: Cyklisters placering yderst i dynamisk ruderanlæg og vigepligtspunkter mellem biler og cykler.

8.5.3 Cyklister placeres på egen bro

Ud fra de to eksempler med placering af cyklister i forbindelse med et dynamisk ruderanlæg vurderes det, at den bedste løsning vil være at placere både cyklister og fodgængere på en separat bro, således de ikke kommer i konflikt med trafikken i anlægget. Denne løsning vil både være mest trafiksikker for alle trafikanter, og det dynamiske ruderanlægs kapacitet vil ikke påvirkes af de bløde trafikanter.

8.6 Præsentation af 52 Odense SV

Tilslutningsanlæg 52 ved Odense SV tilslutter den tværgående vej, Assensvej, som kommer fra Odense, til motorvejen E20. Tilslutningsanlægget er udformet som et signalreguleret traditionelt ruderanlæg, som vist på figur 8.26.

Figur 8.26: Tilslutningsanlæg 52 Odense SV.

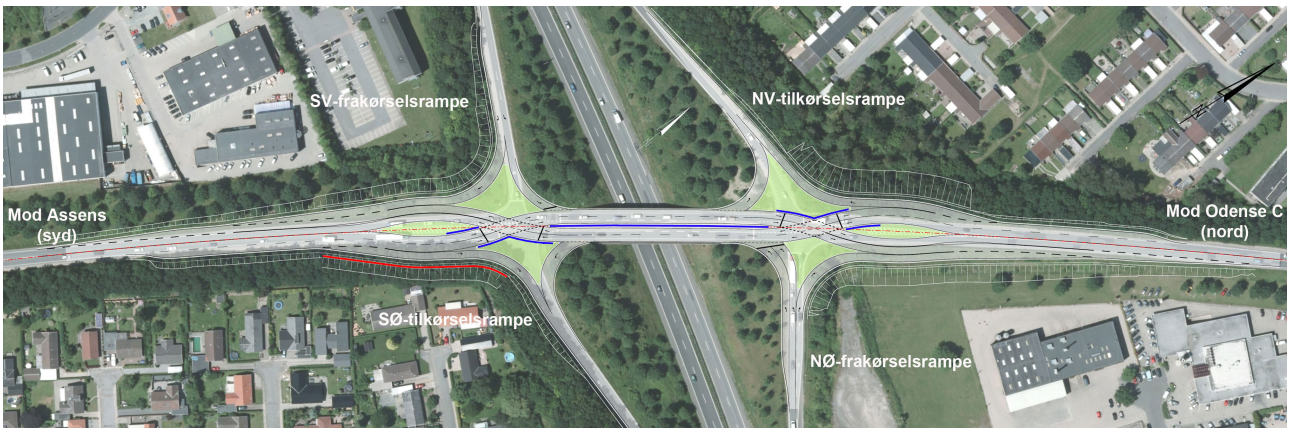
Den tværgående vej (Assensvej) består af en tresporet bro, hvor det midterste spor deles på midten som magasinplads til bundet venstresving for de to retninger. Den skiltede hastighed på den tværgående vej er 70 km/t. Frakørselsrampen fra vest består af et enkelt spor, mens frakørselsrampen fra øst består af en højre og venstresvingsbane. Begge tilkørselsramper består af et enkelt spor. Det nordlige kryds er vist i figur 8.27 og det sydlige kryds i figur 8.28.

Figur 8.27: Oversigt over det nordlige kryds, set fra nordøst.

Figur 8.28: Oversigt over det sydlige kryds, set fra sydvest.

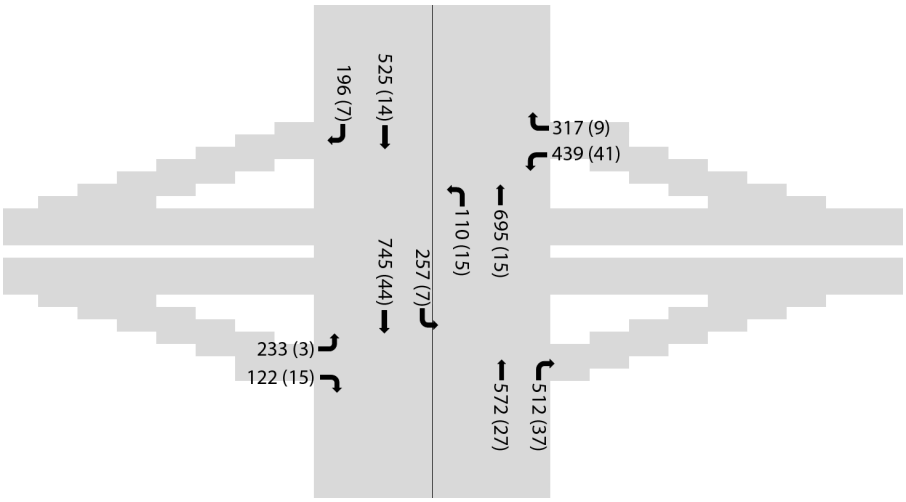
De bløde trafikanter ledes ikke igennem tilslutningsanlæg 52, eftersom der er bygget en kombineret cykel-/gangbro henholdsvis vest og øst for den tværgående vej.

Vejdirektoratet undersøger i øjeblikket muligheden for at etablere Danmarks første dynamiske ruderanlæg ved tilslutningsanlæg 52. I figur 8.29 er planskitsen af det dynamiske ruderanlæg vist. Der tages udgangspunkt i denne skitse ved opbygningen af VISSIM-modellen.

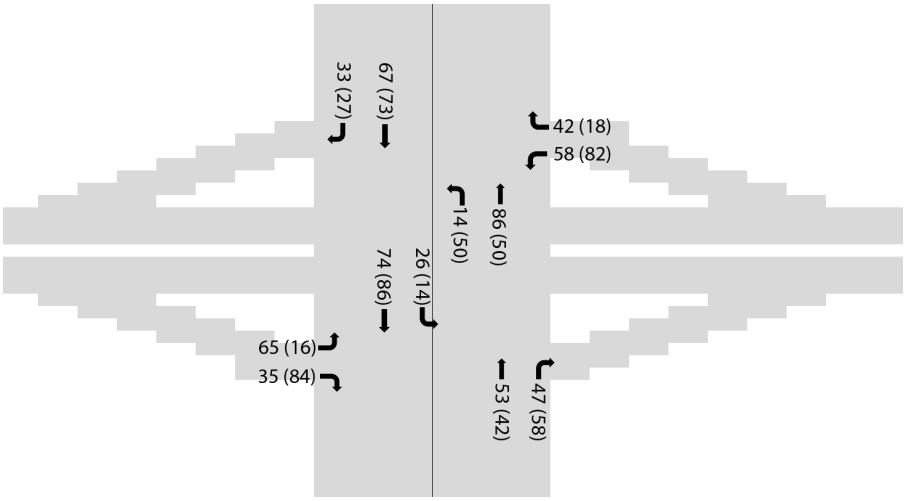


Figur 8.29: Planskitse over dynamisk ruderanlæg ved tilslutningsanlæg 52 fra Vejdirektoratet.

I simuleringen tages der udgangspunkt i trafiktællinger fra 2013 med trafikmængder og retningsfordelinger. Der tages udgangspunkt i hverdagsdøgntrafikken (HDT) eftersom det er her, der er den største belastning. Spidstimen er antaget at være 10% af HDT. Spidstimen for både det nord- og sydlige kryds er vist i figur 8.30, mens retningsfordelingen er vist i figur 8.31.



Figur 8.30: Spidstime HDT ved tilslutningsanlæg 52.



Figur 8.31: Retningsfordeling ved tilslutningsanlæg 52.

Der fortages simuleringer med varierende trafikmængder fra 10% - 200% af den nuværende spidstime. Den totale trafikmængde er vist i tabel 8.5. Det er dog trafikken, som anvender den tværgående bro, som er interessant for dimensionering af dynamiske ruderanlæg, eftersom al trafik, som er højresvingende, vil ledes ad shuntspor og derfor ikke indgår i det dynamiske ruderanlæg. Disse trafikmængder er ligeledes præsenteret i tabel 8.5. Når der refereres til procenter af trafik i resten af rapporten, svarer procenttallet til den trafikmængde, der er angivet i kolonnen *Bro*.

	Trafikmængde variation i %									
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Bro	1890	3780	5660	7550	9440	11330	13220	15110	16990	18880
Trafik ved 52	3070	6140	9220	12290	15360	18430	21500	24570	27650	30720
	Trafikmængde variation i %									
	110%	120%	130%	140%	150%	160%	170%	180%	190%	200%
Bro	20770	22660	24550	26440	28320	30210	32100	33990	35880	37770
Trafik ved 52	33790	36860	39930	43000	46080	49150	52220	55290	58360	61430

Tabel 8.5: Varierende trafiktal i simuleringerne.

Kapitel 9

Metode

I dette kapitel beskrives de anvendte metoder til simuleringerne i VISSIM, parametrene rejsetid, trængsel og kølængde. Det er beskrevet, hvordan nogle simuleringer trafikstyres og hvordan trafikstyringen er opbygget i programmet VISVAP.

Der anvendes simuleringsprogrammet VISSIM til at simulere trafikken i forskellige tilslutningsanlæg. Gennem simuleringerne ønskes det at opnå resultater, der gør det muligt at sammenlige de forskellige tilslutningsanlæg og andre tiltag, som har en indflydelse på trafikafviklingen i anlæggene. Følgende tre parametre undersøges ved hver simulering:

- Trafikafvikling
- Rejsetid (trængsel)
- Kølængder

9.1 VISSIM

Simuleringer af tilslutningsanlæggene foretages i VISSIM. Der er i analysen fokus på trafikafviklingen i enkelte anlæg, da det ønskes at bestemme, hvilke parametre der er afgørende for trafikafviklingen. Der foretages mikrosimulering frem for makrosimulering, da der herigennem opnås resultater med den ønskede høje detaljeringsgrad

Gennem mikrosimulering i VISSIM kan der opnås specifikke resultater om de enkelte vejbaner og biler i modellen. Simuleringerne foretages i VISSIM, da det her er muligt at bygge en model, der er opbygget tilsvarende de faktiske tilslutningsanlæg og ikke blot standardiseringer af anlægsudformninger. Dette havde ikke været muligt ved at anvende f.eks. Synchro eller DanKap. Det ønskes at sammenligne anlæg med to rundkørsler, dynamiske og traditionelle ruderanlæg, hvilket betyder, at det ikke er muligt at anvende DanKap. DanKap er udviklet til beregninger af traditionelle kryds, hvormed rundkørsler og dynamiske ruderanlæg ikke vil blive beregnet tilfredsstillende. Til trods for at VISSIM er et tysk udviklet program fra firmaet PTV AG med tyske grundparametre, anvendes programmet til simuleringerne. Den afvigelse, der må være fra den tyske trafik til den danske, antages at være gældende for alle simuleringer, hvorfor sammenligning af simuleringerne imellem vurderes acceptabel. [Vejregelgruppen, 2010]

Der er i VISSIM opbygget modeller med udgangspunkt i hhv. det eksisterende tilslutningsanlæg ved tilslutning 52, skitseprojekteringen af det dynamiske ruderanlæg og et anlæg med rundkørsler, der arealmæssigt svarer til det eksisterende anlæg. I modellen er der anvendt krydstællinger fundet i Mastra, hvorudfra retningsfordelingen er bestemt. Som validering af modellen er resultaterne fra simuleringer af det traditionelle ruderanlæg undersøgt, ift. om de stemmer overens med trafiktællingerne fra Mastra. Yderligere er simuleringen observeret, og den simulerede situation med kødannelser stemmer overens med den virkelige situation.

9.1.1 Simuleringen

Simuleringen er foretaget vha. 10 random sheets i VISSIM. I hvert random sheet anvendes den fastsatte trafikmængde. Ankomsttidspunkterne er tilfældigt fordelt i simuleringen, hvilket betyder, at der for de 10 random sheets er 10 unikke ankomstfordelinger i simuleringerne. Dette anvendes for at reducere risikoen for statistiske usikkerheder. Der simuleres i samlet 4500 sek (fem kvarter) for hvert random sheet. De første 900 sek (15 min) anvendes til at få trafik i systemet, som var det en faktisk situation, hvorefter resultatindsamlingen foretages for spidstimen fra 900 sek - 4500 sek.

9.1.2 Trængsel

I forbindelse med analysen af de enkelte udformningsmuligheder for det dynamiske ruderanlæg vurderes rejsetiden i tilslutningsanlæggene under forskellige forudsætninger. I den forbindelse anvendes metoden fra Projekt Trængsel, hvor trængselsniveauet i hovedstadsområdet blev vurderet. Metoden gik ud på at vurdere den aktuelle rejsehastighed ift. free flow hastigheden fra A til B, hvorefter hver strækning blev kategoriseret, efter om de var motorveje/åbent land eller byområder. For motorveje og åbent land blev tætheden af bilerne også målt. Det dynamiske ruderanlæg kan kategoriseres under begge kategorier, da anlægget vil kunne opføres begge steder.

Trængsel vurderet ud fra free flow hastigheden og den faktiske hastighed er defineret i tabel 9.1.

Kategori	**Hastighed ift. free flow**
Ubetydelig	over 80%
Begyndende	over 80%
Stor	mellem 40 og 80%
Kritisk	under 40%

Tabel 9.1: Klassificering af trængsel ud fra den faktiske hastighed ift. free flow hastigheden bestemt ud fra Projekt Trængsel. [Vejdirektoratet et al., 2004]

Disse inddelinger anvendes til at vurdere den enkelte rejseretnings rejsetid ift. free flow hastigheden til at give et overblik over strækningernes trængselsniveau. I Projekt Trængsel gøres der opmærksom på, at de eksakte værdier for trængsel ikke er relevante, da de blot er en indikator for trængselsniveauet. I virkeligheden er der flere parametre, der har betydning for trængsel - f.eks. vejtype, tid på døgnet og trafikantadfærd. De eksakte værdier er derfor ikke angivet, men under resultatbehandlingen markeres ubetydelig/begyndende med grøn, stor med orange og kritisk med rød. De eksakte værdier kan anvendes som en generel indikator på, om trængselsniveauet er stigende eller faldende og kan findes i Bilag C.5 (s. 122).

9.1.3 Rejsetid

I simuleringerne foretages der målinger af rejsetiderne gennem tilslutningsanlægget. Resultaterne er den gennemsnitlige rejsetid for hver rejseretning og antallet af køretøjer, som har foretaget denne rejse. Herudfra findes en gennemsnitlig rejsetid for hele tilslutningsanlægget, hvor der er taget højde for et varierende antal af billister i hver retning. Rejsetiderne sammenlignes på tværs af tilslutningsanlæggene, således det er muligt at se, hvordan udformningen påvirker rejsetiden. I tabel 9.2 er de forskellige rejsemuligheder angivet. Der er ingen rejser fra øst til vest og vest til øst, eftersom disse vil anvende motorvejen.

	Destination			
Oprindelse	N	S	Ø	V
N		NS	NØ	NV
S	SN		SØ	SV
Ø	ØN	ØS		
V	VN	VS		

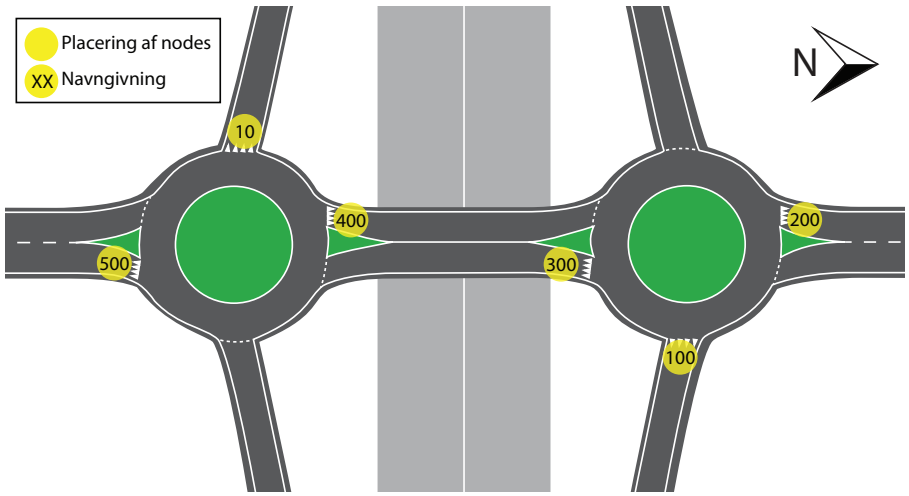
Tabel 9.2: Rejsematrix. De grå celler måles ikke.

I figur 9.1 er start- og slutmålepunkter for rejsetiden angivet. Rejsetidsmålingerne hhv. starter og slutter 500 meter før og efter de to kryds. 500 meter er valgt, således at opstået kø medregnes i rejsetiden.

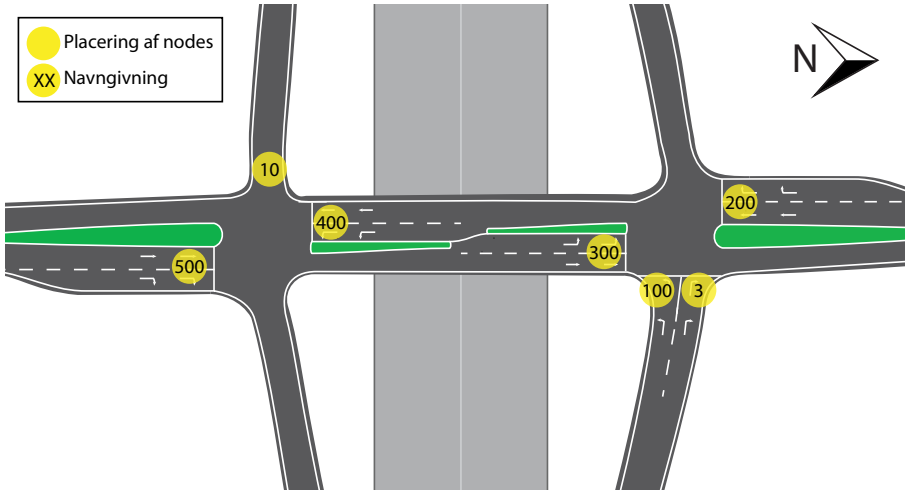
Figur 9.1: Start- og slutpunkter for måling af rejsetid.

9.1.4 Kølængder

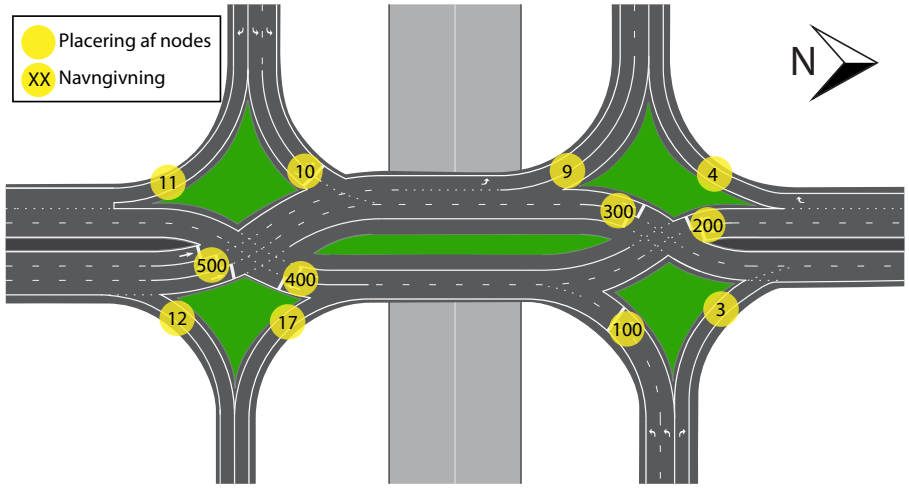
I simuleringerne er der målt både gennemsnitlige og maksimale kølængder fra stoplinjer/vigepligter. Kølængderne måles vha. en funktion kaldet nodes i VISSIM. Disse nodes er i VISSIM-modellerne placeret ved stoplinjer og vigepligter. Hver node er givet et navn. Navngivningen af de enkelte nodes i henholdsvis rundkørsel, traditionelt ruderanlæg og dynamisk ruderanlæg er vist i figur 9.2, 9.3 og 9.4. Figurerne er yderligere placeret i bilagsrapporten bilag C (s. 117). Nodesene er navngivet og placeret, således at det er muligt at sammenligne på tværs af de forskellige udformninger. Sammenligningerne anvendes til at vurdere den gennemsnitlige og den maksimale kølængde tilslutningsanlæggene imellem.



Figur 9.2: Placering og navngivning af nodes for dobbelt rundkørsel i VISSIM.



Figur 9.3: Placering og navngivning af nodes for traditionelt ruderanlæg i VISSIM.

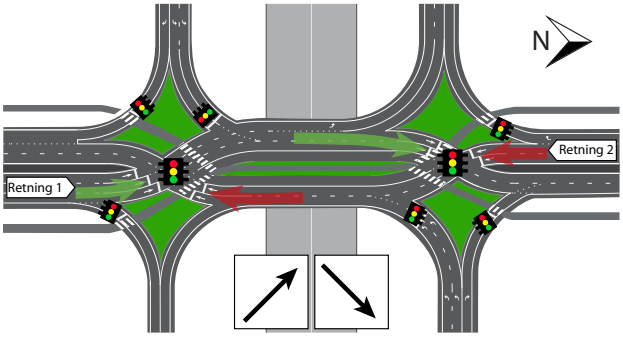


Figur 9.4: Placering og navngivning af nodes for dynamisk ruderanlæg i VISSIM.

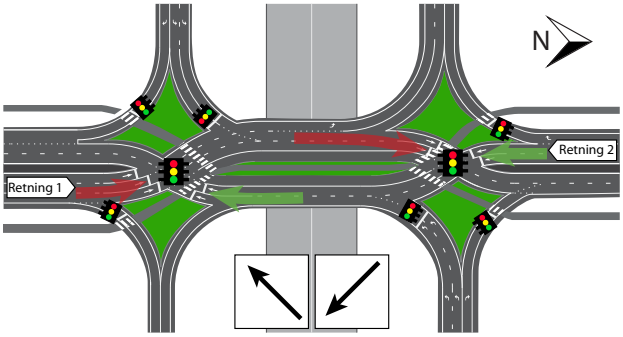
9.1.5 Trafikstyring af signaler

Det ønskes at undersøge, hvordan trafikafviklingen i det dynamiske ruderanlæg påvirkes af, at signalet trafikstyres og af at der inkluderes fodgængere i anlægget. Trafikstyring af signaler foregår via placering af spoler i modellens vejbaner. Der placeres hhv. tilstedeværelsesspoler helt tæt ved signalerne og indmeldingsdetektorer i en afstand af ca. 72 m fra krydsene. Afstanden er beregnet ud fra metoden beskrevet i Jakobsen and Knudsen [2013] med udgangspunkt i en hastighed på 50 km/t. Er hastigheden 50 km/t eller højere ved disse detektorer, forlænges grøntiden i krydset, så vidt det er muligt inden for den maksimale grøntid. Dette gøres for at mindske risikoen for farlige situationer, hvor bilister skal foretage valget om, at accelerere for at nå over eller bremse hårdt for at stoppe inden signalet. Selve signalfaserne beskrives i programmet VISVAP, der kan indlæses i VISSIM, og anvendes i simuleringerne. Der er ifm. styring af et dynamisk ruderanlæg fire forskellige faser, der anvendes:

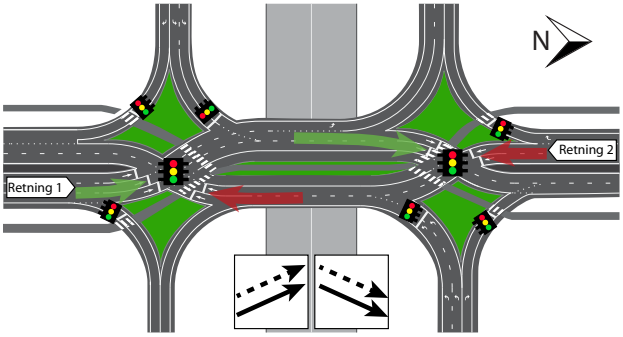
1) Grøn for retning 1 uden fodgængere
2) Grøn for retning 2 uden fodgængere
3) Grøn for retning 1 med fodgængere
4) Grøn for retning 2 med fodgængere



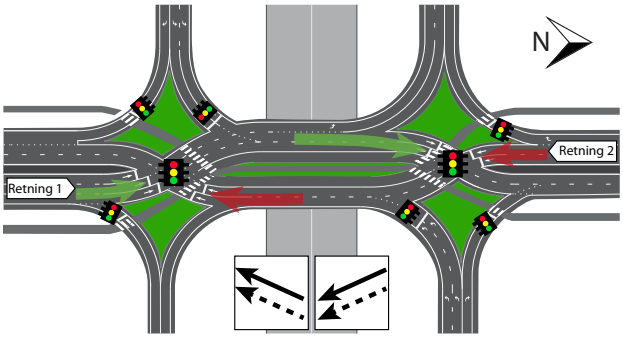
Figur 9.5: Fase 1.



Figur 9.6: Fase 2.



Figur 9.7: Fase 3.



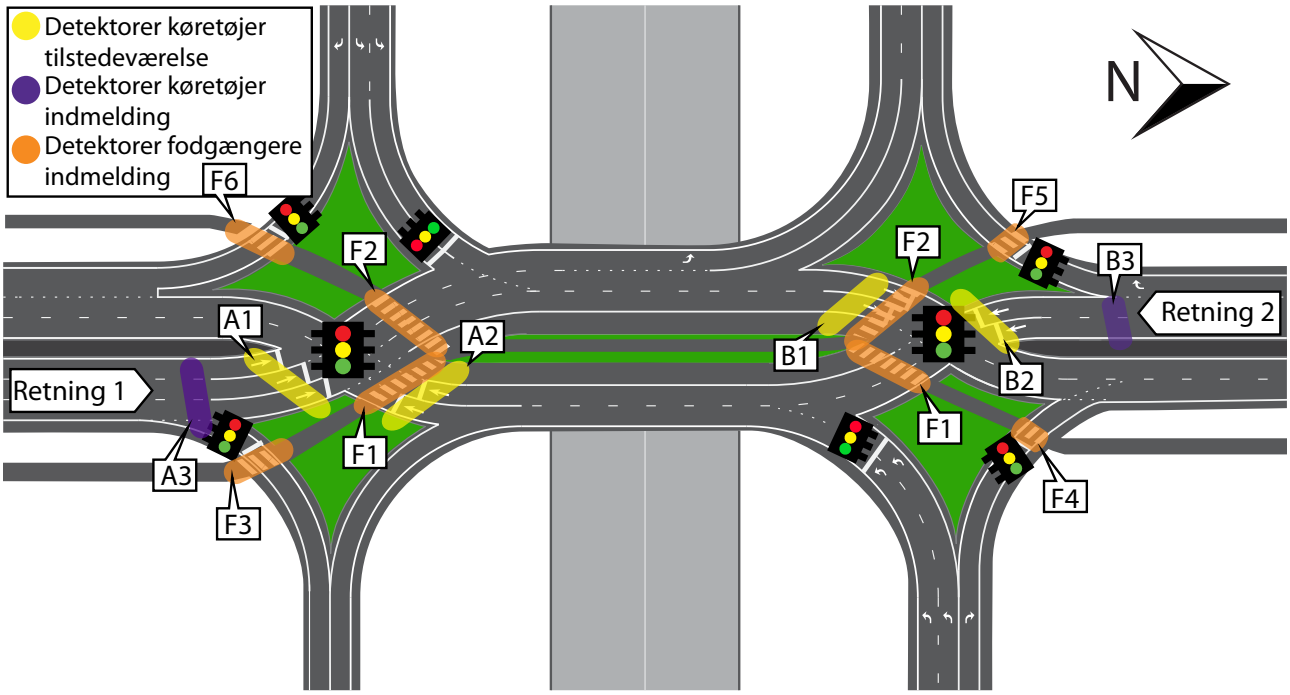
Figur 9.8: Fase 4.

9.1.6 *.vap-filen

I VISVAP er de enkelte faser stillet op. VISVAP anvendes til at sikre, at der foretages korrekte faseskift. VISVAP er opbygget som et *flow chart*, hvor det f.eks. er beskrevet, at er der fodgængere, der melder ind ved detektor F1 i modellen, så skal den næste grønne periode til retning 1 være fase 3, hvor der også er grønt for fodgængere. De er anvendte detektorer og deres placering i modellen er illustreret på figur 9.9. Funktionerne er:

- F1 og F2 er tilstedeværelsesdetektorer, som udelukkende registrerer, om der er fodgængere tilstede i krydset. Er der fodgængere her, skiftes der enten til hhv. fase 3 eller fase 4. Er der ikke indmeldinger her, skiftes der blot til fase 1 eller 2.

- F3, F4, F5 og F6 er ligeledes tilstedeværelsesdetektorer. Disse detektorer styrer de tilhørende signaler, så der gives grønt for fodgængere og rødt for biler. Disse detektorer påvirker ikke fase 1-4.
- A1 og B2 er tilstedeværelsesdetektorer. Her registreres, om der holder biler i kø. Har der holdt biler i kø i længere tid end 5 sek er det ikke muligt med yderligere forlængelse af grøntiden, hvorefter der skiftes fase.
- A3 og B3 er indmeldingsdetektorer. Her registreres de kørende køretøjers hastighed ved netop dette punkt, og grøntiden forlænges i signalet, hvis det er muligt inden for den tilladte maksimale grøntid.



Figur 9.9: Navngivning af detektorer i VISSIM og VISVAP.

I VISVAP er det muligt at definere parametre, som anvendes til at bestemme, hvornår der skal skiftes mellem hvilke faser. Parametre, deres betydning og den valgte værdi er angivet i tabel 9.3.

Parameter	**Betydning**	**Værdi**
MinGreenStg-x	Minimums grøntid for fase (stage) 1-4	7 sek
MaxGreenStg-x	Maksimum grøntid for fase (stage) 1-4	14 sek
MaxGAP	Maksimum afstand mellem biler	2 sek
Expression	**Betydning**	**Værdi**
Queue-x	Antal sekunder, der må kø være ved detektor før der skiftes fase	>5 sek
Call-x	Ved ankomsttæthed ved detektor højere end Max-GAP forlænges grøntiden	-
Call-fod	Der meldes ankomst ved detektor, og der skiftes til fase med fodgængere	Antal>0

Tabel 9.3: Parametre og udtryk anvendt i VISVAP.

Som beskrevet er der i VISVAP opbygget et *flow chart*. I dette diagram er angivet, hvilke parametre, der er afgørende for, hvad der skal ske i signalet f.eks. forlængelse af grøntid eller skift til en bestemt fase. Et udsnit af diagrammet er illustreret på figur 9.10, mens hele diagrammet findes i Bilag C (s. 117). Diagrammet er opbygget som en serie af hvis-sætninger og erklæringer. Diagrammet læses

således, at hver erklæring i de sekskantede bokse skal stilles som et spørgsmål. Er svaret på spørgsmålet *ja*, tages et skridt til højre i diagrammet. Er svaret *nej*, tages et skridt ned. Det første spørgsmål ud fra figur 9.10 er ved *StgT(1)>=minGreenStg1* dermed: Er grøntiden for stage 1 større end eller lig med den definerede grøntid for stage 1? Svares der nej, tages et skridt ned, hvorefter pilen leder i et loop tilbage til starten, hvorefter spørgsmålet kan stilles igen indtil at minimum grøntiden er overholdt. Svares der ja, foretages et skridt til højre, og det næste spørgsmål i diagrammet stilles. En gennemgang af udsnittet følger herunder. De detektorer, der refereres til, er illustreret på figur 9.9. De resterende faser er bygget op tilsvarende fasen i udsnittet og forklares dermed ikke yderligere.

- StgT(1)>=minGreenStg1 - Er grøntiden større end eller lig med minimum grøntiden?

  Ja - Gå videre til næste spørgsmål.
  Nej - Gå tilbage til spørgsmål et.
- StgT(1)=maxGreenStg1 - Er grøntiden lig med den maksimale grøntid?

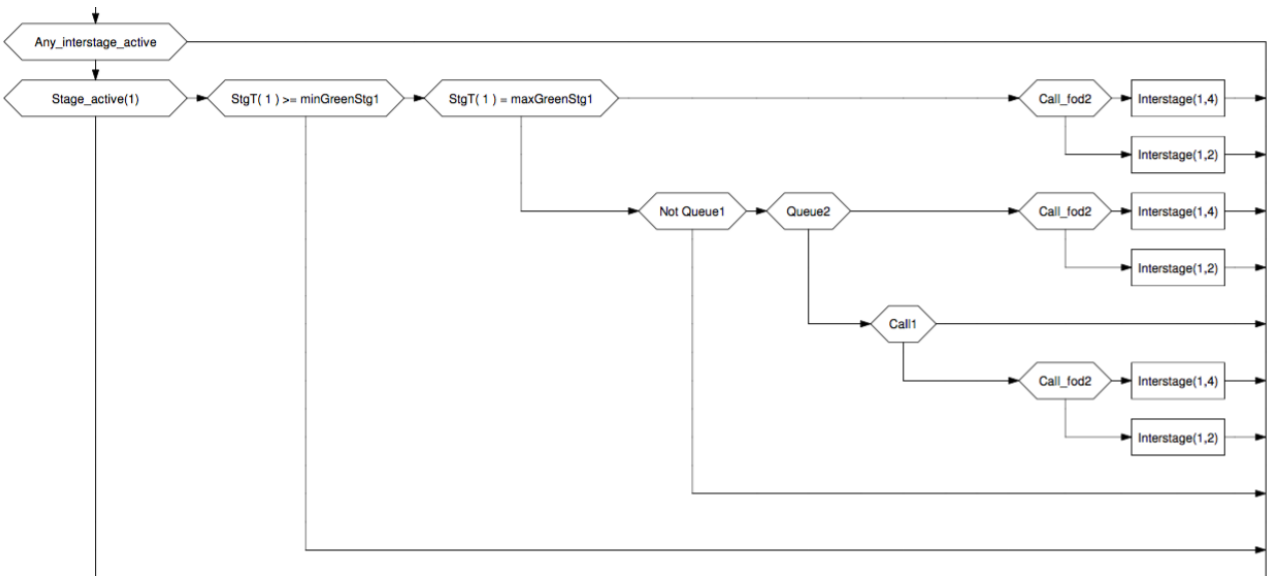
  Ja - Der skal skiftes fase. Gå videre til næste spørgsmål (Call-fod2)
  Nej - Grøntiden kan forlænges, gå videre til Not Queue1
- Not Queue1- Er der ikke kø ved detektoren Queue1

  Ja - Er der ikke kø, gå videre til næste felt.
  Nej - Dette vil sige, at er der kø ved signalet for retning 1, så forlænges grøntiden inden for den maksimale grøntid.
- Queue2 - Er der kø ved detektoren B4?

  Ja - Gå videre til næste felt (Call-fod2).
  Nej - Der er ikke kø i retning 2. Det undersøges, om det er nødvendigt med forlængelse af grøntiden.
- Call1 - Er der registrering af biler på indmeldelsesdetektoren A3?

  Ja - Forlæng grøntiden hvis det er muligt inden for den maksimale grøntid.
  Nej - Gå videre til næste felt.
- Call-fod2 - Er der fodgængere tilstede ved kryds i retning 2?

  Ja - Der skiftes fra fase 1 til fase 4, hvor der er fodgængere inkluderet i fasen.
  Nej - Der skiftes fra fase 1 til fase 2, hvor der ikke er fodgængere inkluderet i fasen.



Figur 9.10: Udsnit af diagram anvendt i VISVAP.

C-signalerne er styret således, at der hele tiden er grønt for bilisterne. Ved fodgængeranmeldelse skiftes signalet til grønt for fodgængere. Signalerne styres i separat *.vap-fil og uafhængigt af de øvrige signaler i anlægget.

9.1.7 *.pua-filen

Hvor der i *.vap-filen blev bestemt de enkelte faser, og hvornår der skulle skiftes mellem hver enkelt, anvendes en *.pua-fil til at beskrive præcist hvad *.vap-filen skal gøre i VISSIM. *.pua-filen anvendes til at sammenkoble VISVAP med VISSIM. For at det er muligt, defineres signaler og detektorer med numre. Hver fase beskrives som følgende i *.pua-filen:

- Fasens nummer.
- Samordning af signaler ift. hvilke der skal være hhv. grønne og røde i faserne og evt. tidsforskydning.
- Hvilke signaler der skal åbnes (få grøn) og hvilke signaler der skal lukkes (få rød) ved skift mellem individuelle faser.

Ved fase 3 og 4 er der f.eks. fodgængersignaler, der også skal åbnes. Gennem *.pua-filen er det muligt at lukke fodgængersignalet tidligere end signalet for bilerne. Dermed er det muligt stadig at afvikle biltrafikken, mens der ikke er flere fodgængere, der bevæger sig ud i krydset.

Kapitel 10

Opbygning

I dette kapitel beskrives opbygningen af selve VISSIM-modellerne af det dynamiske, det traditionelle ruderanlæg og anlægget med to rundkørsler. De anvendte signalplaner for ruderanlæggene er beskrevet, og den frie rejsehastighed er beregnet. Denne kaldes free flow hastigheden.

10.1 Opbygning af modeller i VISSIM

I VISSIM er de tre forskellige anlægsudformninger opbygget, ift. hvordan de geometrisk vil være udformet i virkeligheden. Der er anvendt en sporbredde på 3,5 m for alle scenarier. I alle modellerne tages der udgangspunkt i en maksimal hastighed på 50 km/t. Dette gøres på trods af, at den nuværende hastighedsgrænse på Assensvej er 70 km/t. Hastigheden er ændret til 50 km/t for at gøre alle scenarierne sammenlignelige. I selve anlæggene er der anvendt reducerede hastighedsområder, for at differentiere opbygningerne og skabe så virkelighedstro modeller som muligt. Hastighederne er nævnt under de enkelte opbygninger, som præsenteres nedenfor.

10.1.1 Ruderanlæg (eksisterende forhold)

Ruderanlægget er opbygget på baggrund af ortofoto af anlæggets nuværende udformning ift. kørespor og placering af stoplinjer. Ruderanlæggets opbygning er illustreret på figur 10.1.

Figur 10.1: Ruderanlæggets opbygning i VISSIM ved tilslutningsanlæg 52 Odense SV.

Hastighedsintervallet for hele tilslutningsanlægget inklusiv ramperne er fra 40 km/t-50 km/t. Signalplanen for det traditionelle ruderanlæg er illustreret på figur 10.2. Beregningerne af signalplanen er foretaget ud fra Websters formel med udgangspunkt i en tofaset signalplan med trafikmængderne, som er angivet på figur 8.30. Beregning af signalplanen findes i bilag C.3 (s. 120).

Figur 10.2: Signalplangruppeplan traditionel ruderanlæg.

10.1.2 Rundkørsel ved begge tilslutninger

Modellen af etableringen af to rundkørsler i stedet for signalanlæg er opbygget ved at placere et ortofoto af et eksisterende tilslutningsanlæg med to rundkørsler oven på ortofotoet fra tilslutningsanlæg 52. Denne metode er anvendt for at opnå en opbygning af modellen, som minder om, hvordan tilslutningsanlægget ville se ud. Denne løsning resulterer i en lille fejlmargin, ift. hvis rundkørslerne var projekteret efter forholdene. Det vurderes dog, at denne fejlmargin er så lille, at den ville være tilstede uanset hvad, da det ikke er muligt at tegne så præcis i VISSIM. Tilslutningsanlægget med rundkørsler er illustreret på figur 10.3.

Figur 10.3: Opbygning af VISSIM-modellen ved tilslutningsanlæg 52 med to rundkørsler.

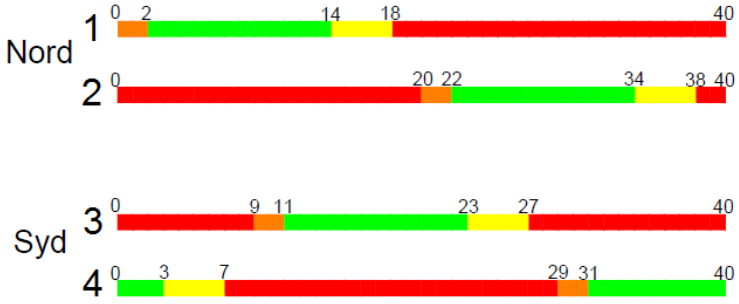
I rundkørslernes cirkulationsareal er der anvendt et hastighedsinterval på 20 km/t-30 km/t. Ved ramperne til rundkørslerne og på broen er hastighedsintervallet 40 km/t-50 km/t anvendt.

10.1.3 Dynamisk ruderanlæg

Modellen af dynamisk ruderanlæg reguleret via hh. signal, fuld stop eller vigepligt er opbygget på baggrund af Vejdirektoratets skitsetegninger af det projekterede anlæg ved tilslutningsanlæg 52 Odense SV. Der er taget udgangspunkt i geometri og stoplinjer. VISSIM-modellens udformning er illustreret i figur 10.4.

Figur 10.4: Opbygning af VISSIM-modellen ved tilslutningsanlæg 52 med dynamisk ruderanlæg reguleret af signalregulering.

Hastighedsintervallet for det dynamiske ruderanlæg er fra 35 km/t - 50 km/t, mens det på ramperne ligger i intervallet fra 25 km/t - 35 km/t. Signalplanen er illustreret på figur 10.5. Beregningerne af signalplanen er foretaget ud fra Websters formel med udgangspunkt i en tofaset signalplan med trafikmængderne, som er angivet på figur 8.30. Beregning af signalplanen findes i bilag C.3 (s. 120).



Figur 10.5: Signalplangruppeplan dynamisk ruderanlæg.

10.2 Kriterier i simulering

I behandlingen af resultaterne fra VISSIM-simuleringerne er der en række kriterier, som anvendes til at vurdere de enkelte scenarier. I forbindelse med det tidligere omtalte Projekt Trængsel i afsnit 9.1.2 (s. 48) anvendes free flow rejsetiderne for hver udformning af tilslutningsanlæg og hver enkelte rejseretninger, således trængslen i de enkelte rejseretninger kan beregnes. Free flow rejsetiden for de enkelte anlæg er simuleret i VISSIM. Rejsetiden for de enkelte tilslutningsanlæg og rejseretninger er angivet i tabel 10.1.

	Free flow [sek]		
	Rundkørsel	**Traditionel ruderanlæg**	**Dynamisk ruderanlæg**
NS	92	89	80
NØ	97	93	86
NV	72	79	73
SN	88	92	79
SØ	73	79	72
SV	92	94	83
ØN	79	85	77
ØS	104	123	87
VN	95	102	85
VS	74	81	70

Tabel 10.1: Rejsetiden ved free flow for de enkelte tilslutningsanlægs udformninger og rejseretninger.

De maksimalt tilladte kølængder sættes i simuleringen til rampernes længde på 250 m, eftersom dette er den kritiske længde for, at der ikke opstår kø på motorvejen. Det kan diskuteres, om der er korrekt, at fastsætte værdien til 250 m, da denne afstand akkurat svarer til længden af frakørselsrampen. Ved kø på frakørselsrampen forventes det, at bilister vil begynde at bremse allerede på motorvejen, hvormed trafikafviklingen på motorvejen påvirkes. Til trods for dette er 250 m valgt som den maksimale kølængde, der accepteres i modellen.

I det dynamiske ruderanlæg er den store fordel, at der kan foretages et frit venstresving mellem de to signalreguleringer. Det frie venstresving ønskes bevaret så ofte som muligt, og derfor sættes den kritiske værdi for gennemsnitlig kølængde ved de indre signaler til 25 m. Dette svarer til længden fra det indre signal til udfletningen af det frie venstresving. Ved at anvende den gennemsnitlige kølængde sikres det, at det frie venstresving kan foretages i langt de fleste tilfælde.

Kapitel 11

Resultater

Analysen af dynamiske ruderanlæg i forhold til et traditionelt ruderanlæg og et tilslutningsanlæg med to rundkørsler vil foregå via simuleringer i VISSIM. For at kunne foretage en vurdering af de tre typer af tilslutninger undersøges forskellige scenarier, hvor parametre trinvist ændres, for at kunne bestemme i hvilke situationer de enkelte anlæg vil kunne afvikle trafikken. For alle scenarier måles og sammenlignes trafikafvikling ved rejsetiden gennem anlægget og den gennemsnitlige kølængde for de gældende tilslutningsudformninger. I det følgende kapitel præsenteres resultaterne for de syv scenarier. Resultaterne kan desuden findes i bilag C.3 (s. 120).

11.1 Scenarie 0: Nuværende trafikmængde ved tilslutningsanlæg 52 Odense SV

Dette scenarie kan ses som et 0-alternativ eller en basismodel, da der tages udgangspunkt i den nuværende situation ved tilslutningsanlæg 52 Odense SV. Gennem basismodellerne ønskes det at undersøge, om modellerne fungerer optimalt eller om der opstår situationer, som er ulig virkeligheden. Basismodellerne anvendes til at finde fejl i modellerne for derigennem at opnå de mest optimale modeller for de tre udformninger og for at simulere, om tilslutningsanlæggene kan afvikle den nuværende trafik. I basismodellerne varieres ingen parametre.

11.1.1 Trafikafvikling

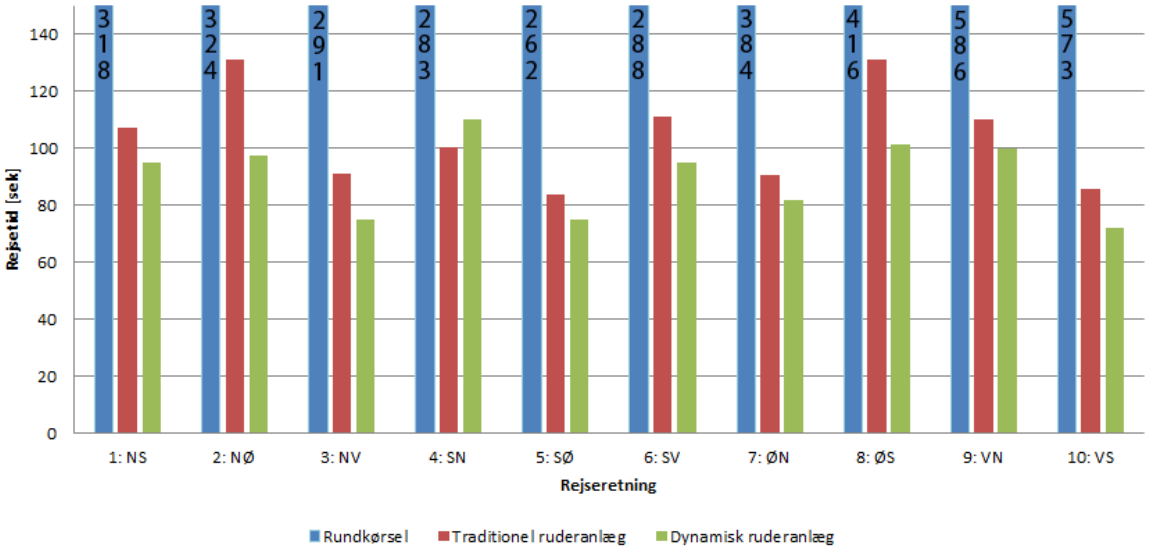
I modellerne er trafikmængderne fra afsnit 8.6 (s. 44) anvendt. Simuleringerne viser dog, at tilslutningsanlægget med to rundkørsler og det traditionelle ruderanlæg ikke kunne afvikle al trafikken i spidstimen. Den procentmæssige andel af den afviklede trafikmængde er angivet i tabel 11.1. Ud fra tabellen er det tydeligt, at der opstår problemer med trafikafviklingen ved tilslutningsanlægget med to rundkørsler, eftersom der blot afvikles 72% af trafikken. Trafikken kan afvikles både ved tilslutningsanlæggets nuværende udformning og ved det dynamiske ruderanlæg.

	Tilslutningsanlægget		
	Rundkørsel	Traditionel ruderanlæg	Dynamisk ruderanlæg
Afviklet trafik	72 [%]	99 [%]	100 [%]

Tabel 11.1: Andel af afviklet trafik i de enkelte tilslutningsanlæg ud fra den nuværende trafikmængde for tilslutningsanlæg 52.

11.1.2 Rejsetid

Rejsetiden måles fra 500 m før første kryds i tilslutningsanlægget og til 500 m efter det sidste kryds. På figur 11.1 fremgår de gennemsnitlige rejsetider for hver rejseretning i hvert af tilslutningsanlæggene.

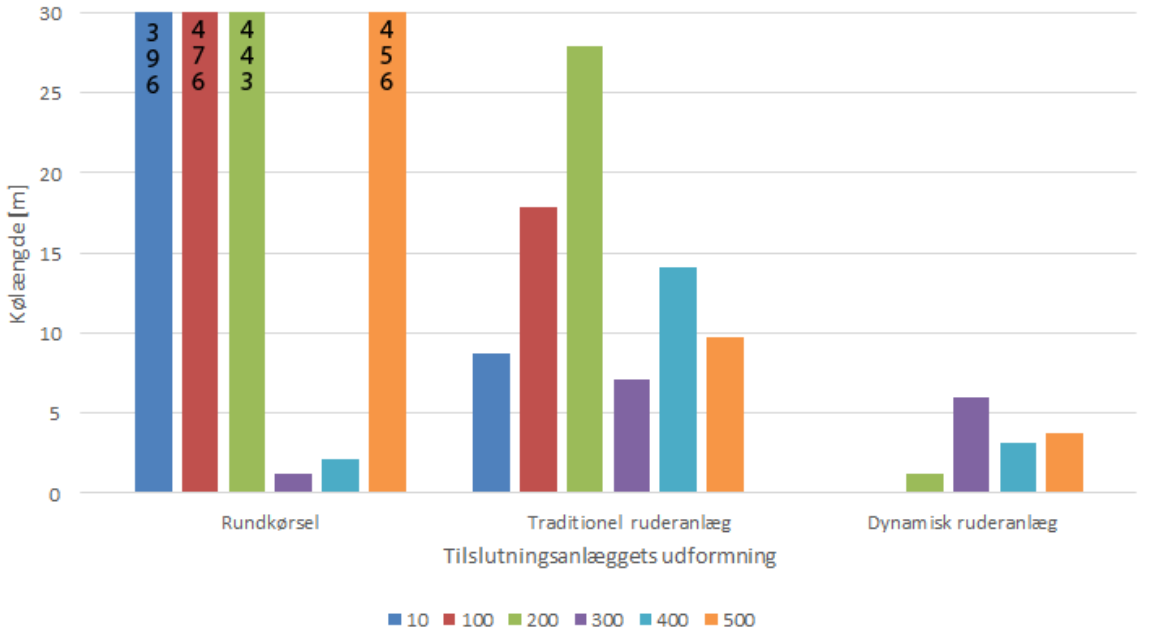


Figur 11.1: Rejsetider for de forskellige udformninger af tilslutningsanlæggene.

Ud fra figuren er det tydeligt, at der er lang rejsetid for alle rejseretninger i scenariet med rundkørsler, hvilket stemmer overens med, at scenariet blot kunne afvikle 72% af trafikken i spidstimen. Rejsetiden for de enkelte retninger er forholdsvis ens ved traditionelt ruderanlæg og dynamisk ruderanlæg. Der er dog en tendens til, at rejsetiden er længere for det traditionelle ruderanlæg.

11.1.3 Kølængde

Den gennemsnitlige kølængde for de tre forskellige tilslutningsanlæg er vist på figur 11.2.



Figur 11.2: De gennemsnitlige kølængder målt i meter ved de forskellige til- og frakørsler angivet ud fra navngivningen af nodes.

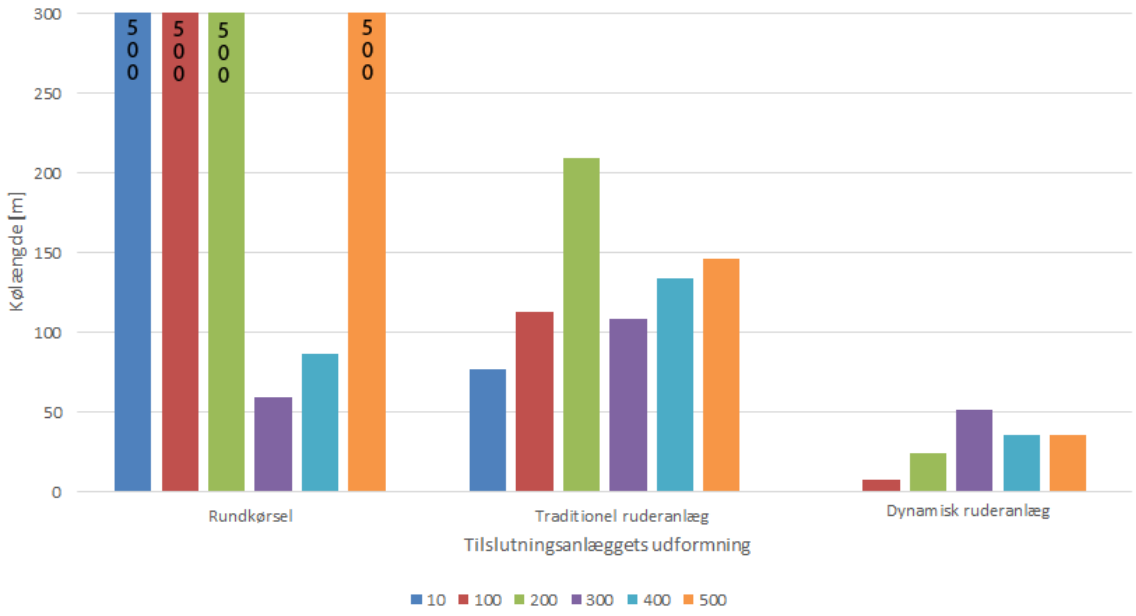
I anlægget med rundkørsler opstår der kø ved frakørslerne fra motorvejen og ved Assensvej. Der forekommer nærmest ikke kø på broen ved rundkørslen, hvilket skyldes, at der nærmest aldrig kommer trafik og spærrer for udkørslen herfra. Foran de resterende tilkørsler vil der være meget cirkulerende trafik, hvilket resulterer i, at trafikanterne skal vente til, at der er et hul, som er stort nok til, at de kan køre ud.

I det traditionelle ruderanlæg opstår der kø ved motorvejsfrakørslen fra øst og fra Assensvej mod syd. Der opstår ligeledes kø på Assensvej i nordgående retning, som der gjorde ved simuleringen med rundkørsler, dog ikke i lige så udpræget grad. Dette kan skyldes, at der i signalreguleringen er en bunden højresvingsbane, der kan være med til, at trafikken afvikles bedre. Der opstår kun få problemer med trafikafviklingen ved motorvejsfrakørslen fra vest. Dette kan bl.a. skyldes lave trafikmængder og at trafikken herfra afvikles i en separat fase. Der er som ved rundkørslen ikke problemer med afviklingen af trafikken her, hvilket skyldes, at der ikke lukkes mere trafik ind, end der kan afvikles i grøntiden, eftersom signalplanen er lavet herefter.

Ved signalregulering af det dynamiske ruderanlæg opstår der kun kø med begrænsede kølængder ved signalerne. På de vigepligtsregulerede shuntspor opstår der kun kø på maksimalt et par biler. Kø på shuntsporene skyldes, at trafikken på Assensvej afvikles gennem signalregulering, og køen opstår ved problemer ved sammenfletningen.

Maksimal kølængde

Den maksimale kølængde for de tre tilslutningstyper er illustreret på figur 11.3. Den maksimale kølængde, der kan måles korrekt i modellerne er, 500 m. Den kø, der er over længden på 250 m, vil strække sig ud over frakørselssporet og dermed være på motorvejen. 500 m er valgt som indikator for, i hvor høj grad motorvejen påvirkes.



Figur 11.3: De maksimale kølængder målt i meter ved de forskellige til- og frakørsler angivet ud fra navngivningen af nodes.

Den maksimale kølængde ved rundkørslen overstiger 500 m ved begge frakørselsramper. Den maksimale kølængde på broen overstiger ikke grænsen på 100 m, som er indikatoren for, om der er kø i hele broens længde. Kølængderne ved frakørselsramperne er problematiske, eftersom der forekommer kø på motorvejen, hvilket er uhensigtsmæssigt og farligt. Det kan tyde på, at kapacitetsgrænsen for det traditionelle ruderanlæg er nået, da der er forholdsvis lange kølængder ved begge signaler.

I det dynamiske ruderanlæg opstår der kø på Assensvej ved signalerne. Da den maksimale opstår der hvor de to modsatrettede trafikstrømme krydser hinanden. Kølængderne vil i nogle tilfælde overgå længden fra stoplinjen i krydsningen til tilkørslen til motorvejen, hvilket betyder, at der vil opstå kø for både ligeudkørende og venstresvingende. Køen er dog kun i korte perioder i spidstimen, og dette må derved forventes.

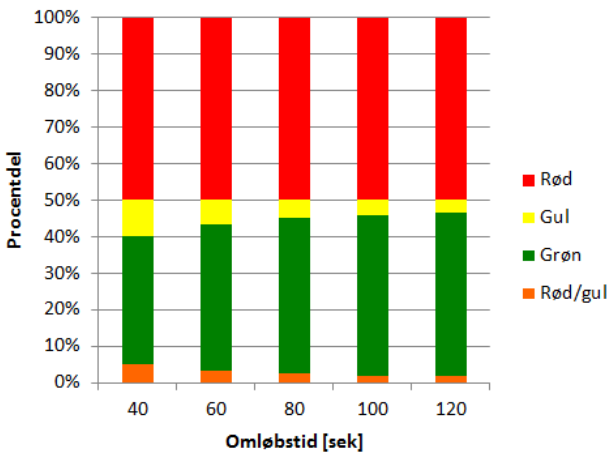
11.1.4 Opsamling

Det kan ud fra resultaterne konkluderes, at rundkørsler ikke kan anbefales som tilslutningsanlæg med de nuværende trafikmængder ved tilslutningsanlæg 52. Det kan desuden konkluderes, at trafikken kan afvikles ved både det traditionelle ruderanlæg og det dynamiske ruderanlæg. Der er dog en tendens til, at der er lavere rejsetider og mindre kølængder ved det dynamiske ruderanlæg, hvorfor at dette anlæg som udgangspunkt anbefales.

11.2 Scenarie 1: Omløbstid

I dette scenarie analyseres det, hvorledes forskellige omløbstider påvirker trafikafviklingen i det dynamiske ruderanlæg. I scenariet anvendes en simuleringsperiode på en time, således at påvirkningen over en længere periode kan analyseres. Andelen af grøntid analyseres teoretisk, og størrelsen af grøntidsperioden bestemmes. Hver retning simuleres med varierende omløbstider på hhv. 40 sek, 80 sek og 120 sek i VISSIM. Omløbstidernes påvirkning analyseres ud fra rejsetider og kølængder.

Omløbstiden i signalreguleringer kan have en stor betydning for signalanlæggets kapacitet. I det dynamiske ruderanlæg anvendes to faser, hvilket medfører, at der kun er en minimal spildtid på skift mellem faserne, altså rød/gul og gultiden. Disse faseskift medfører et samlet tidspild på fire sekunders rød/gul og otte sekunders gul for hvert omløb i det dynamiske ruderanlæg. Omløbstidens indflydelse på kapaciteten i det dynamiske ruderanlæg findes, og trafikafviklingen beregnes over en længere periode. På figur 11.4 er andelen af den procentvise udnyttelse af en time med omløbstider i intervallet 40 sek - 120 sek illustreret.



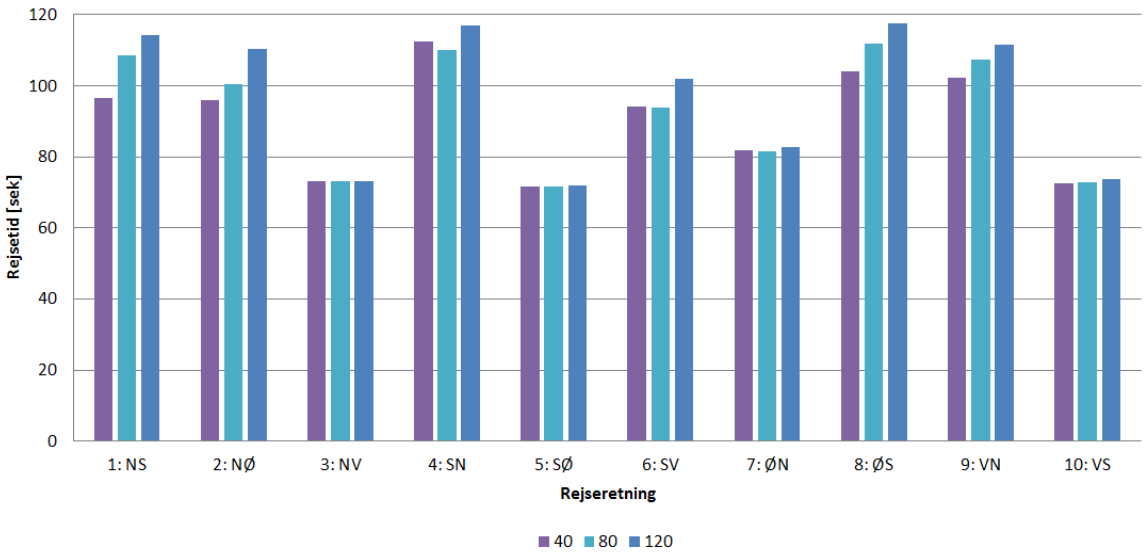
Figur 11.4: Procentandelen af udnyttelsen over en time med forskellige omløbstider.

Af figur 11.4 fremgår det tydeligt, at desto kortere omløbstider desto mindre procentandel af en time vil udnyttes effektivt. Grøntiden over en time vil kunne forøges med 10 % ved at øge omløbstiden fra 40 sek til 120 sek.

Desto længere omløbstid desto bedre trafikafvikling, hvis der udelukkende fokuseres på udnyttelsen af en time. En god udnyttelse af en time betyder dog ikke nødvendigvis den bedste trafikafvikling, og derfor bør rejsetid og kølængder indgå i analysen.

11.3 Rejsetid

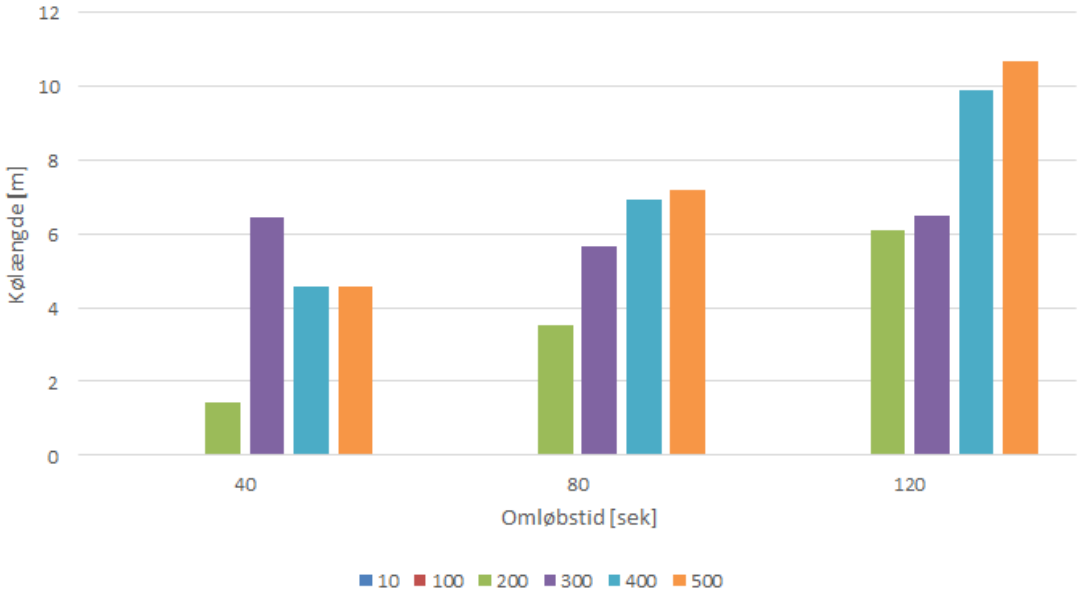
Rejsetiden øges i takt med, at omløbstiden øges, hvilket er illustreret på figur 11.5. Her ses det, at det specielt er den nord- og sydgående trafik, som påvirkes af den forlængede omløbstid. Det er desuden tydeligt, at rejsetiden for trafikken fra nord til øst og syd til vest forøges, hvilket hænger sammen med blokeringen af det frie venstresving.



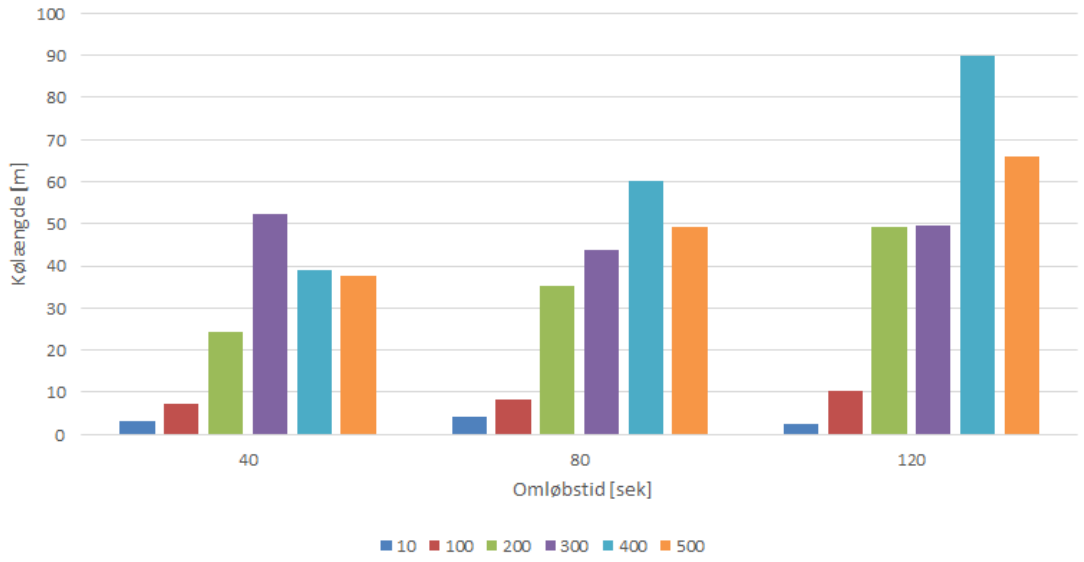
Figur 11.5: Maksimal kølængde ved nodes med varierende omløbstider.

11.4 Kølængde

En af de største fordele ved det dynamiske ruderanlæg er det frie venstresving, som kan foretages direkte fra den tværgående vej og ned på motorvejen. Denne mulighed risikerer at blive blokeret, hvis kølængderne på node 300 og 400 overskrider den kritiske længde på 25 meter. Denne situation kan opstå, hvis køretøjer, der skal ligeud, holder for rødt, således de blokerer tilkørselsrampen. På figur 11.6 fremgår, at den gennemsnitlige kølængde øges, når omløbstiden øges. Den gennemsnitlige kølængde er under 25 meter og vil derfor ikke påvirke trafikafviklingen i venstresvinget.



Figur 11.6: Gennemsnitlig kølængde med varierende kølængder ved nodes.



Figur 11.7: Maksimal kølængde med varierende omløbstider ved nodes.

Den maksimale kølængde for de varierende omløbstider er illustreret på figur 11.7. Det fremgår, at den kritiske kølængde overskrides ved alle omløbstiderne, hvormed der forekommer blokering af det frie venstresving. Kølængderne ved node 400 er særligt lange, da der er en særligt stor trafikmængde, der skal afvikles her. Kølængderne stiger ved forlængelse af omløbstiden.

11.5 Opsamling

Det kan ud fra resultaterne konkluderes, at desto længere omløbstiden er, desto mere af en time udnyttes som effektiv grøntid. Dette er dog ikke ensbetydende med en bedre trafikafvikling, eftersom længere omløbstider medfører større kølængder, hvilket kan føre til blokering af venstresving på tilkørselsramperne fra den tværgående vej. Eftersom en af de helt store fordele ved det dynamiske ruderanlæg er det frie venstresving, bør dette bevares. Omløbstiden bør derfor være lav.

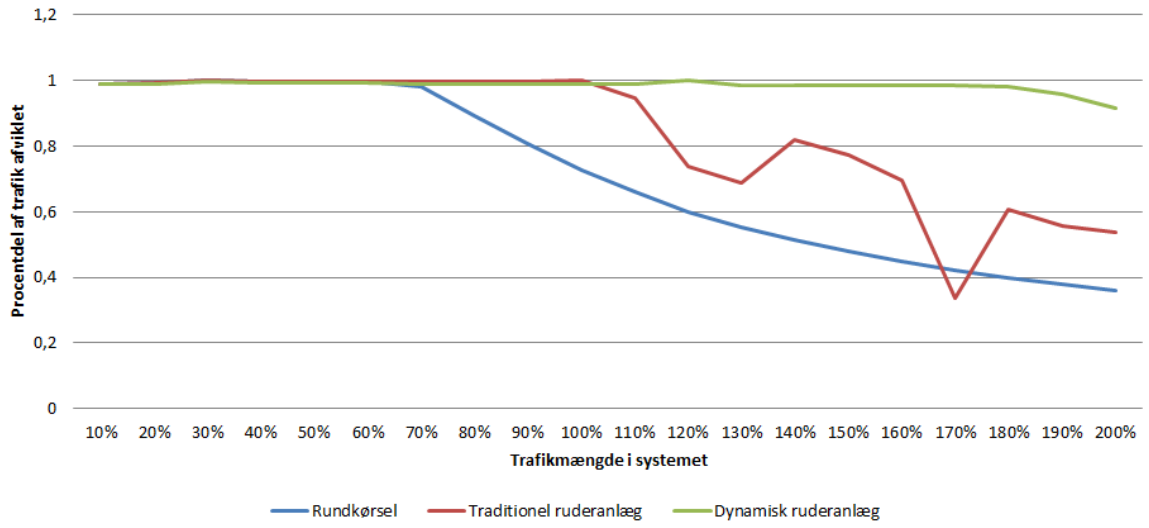
11.6 Scenarie 2: Varierende trafikmængde

Der foretages simuleringer med alle tre udformninger med ens variation af trafikmængden. Trafikmængden, der anvendes i simuleringerne, er bestemt således, at 100 % af trafikmængden svarer til den nuværende trafikmængde i tilslutningsanlægget. Herudfra foretages simuleringer med en variation på 10 % i intervallet 10 % - 200 %. På baggrund af simuleringerne forventes det at kunne bestemme hvilke trafikmængder, der kan afvikles i de enkelte tilslutningsanlæg og dermed bestemme, hvornår de enkelte tilslutningsanlæg vil være relevante.

Kapacitetsgrænsen i et anlæg eller på en vejstrækning er nået, når trafikken ikke længere kan afvikles. Gennem simuleringerne findes netop kapacitetsgrænsen for de enkelte anlæg og de specifikke steder hvor der sker nedbrud lokaliseres. Ved at lokalisere stederne med nedbrud er det muligt, at analysere hvordan nedbruddet sker, og dermed er det muligt at finde en løsning på problemet. Lokaliseringen sker vha. rejsetider, kølængder og gennemgang af simuleringen. I det dynamiske ruderanlæg er den sydgående retning prioriteret, hvilket forventes at give udslag i resultaterne ift. den nordgående retning. Videoer af simuleringerne med nuværende trafikmængder, hvilket svarer til 100 % kla ses på YouTube-klip 1, 2, og 3.

11.6.1 Trafikafvikling

Trafikafviklingen af de tre forskellige tilslutningsanlæg med varierende trafikmængderne er illustreret på figur 11.8. Ud fra figuren kan det aflæses, at trafikken ikke kan afvikles, når trafikmængden overstiger 60 % af den nuværende trafik. Kapacitetsgrænsen for anlægget med rundkørsler er hermed opnået, og trafikken kan ikke længere afvikles.



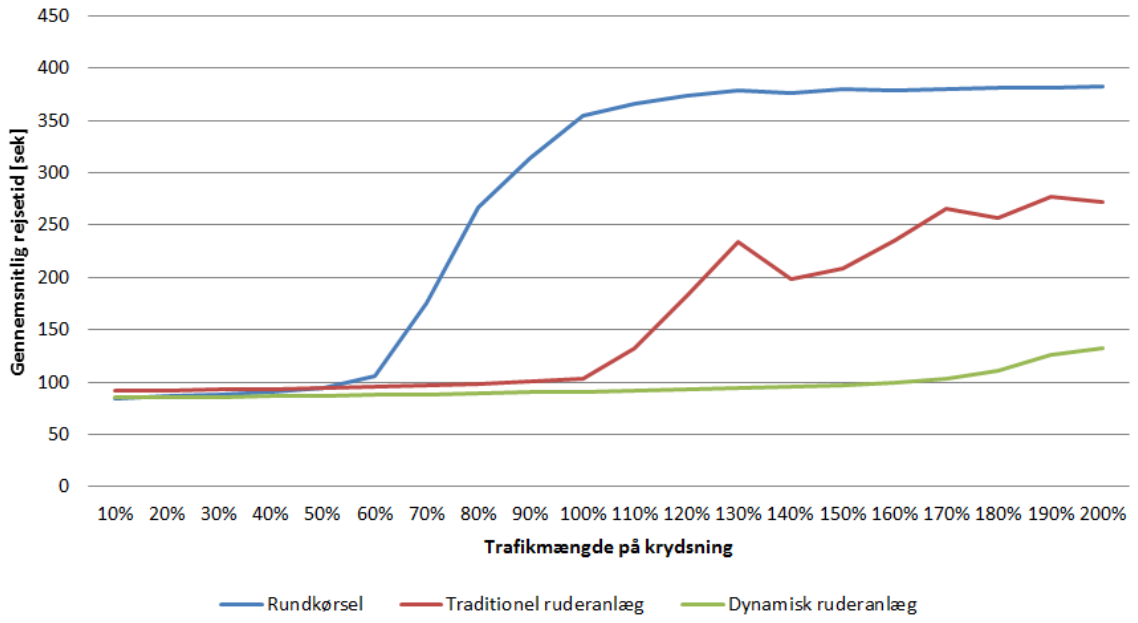
Figur 11.8: Udvikling af trafikafviklingen ved varierende trafikmængder.

I det traditionelle ruderanlæg sker der overordnet set et fald i den afviklede trafikmængde, efter at kapaciteten opnås ved 100 %, hvilket betyder, at tilslutningsanlægget i modellen og på nuværende tidspunkt har nået kapacitetsgrænsen. Dette stemmer overens med, hvordan virkeligheden ved tilslutningsanlægget ser ud. Der forekommer uventede dyk i den afviklede trafikmængde ved hhv. 120 %, 130 % og 170 %, som det kan ses på figur 11.8. Dette skyldes, at der opstår simuleringsproblemer, når kapaciteten af anlægget overstiger 1, og det er dermed ikke længere al trafikken, der afvikles. I det dynamiske ruderanlæg opstår der begyndende kapacitetsproblemer ved 170 %, hvilket betyder, at

der i det dynamiske ruderanlæg under de givende forhold kan afvikles ca. 70 % mere trafik end i det traditionelle ruderanlæg.

11.6.2 Rejsetid

Den gennemsnitlige rejsetid i tilslutningsanlæggene med varierende trafikmængder er illustreret på figur 11.9. Den gennemsnitlige rejsetid er en vægtet rejsetid for hver tilslutningsanlæg.

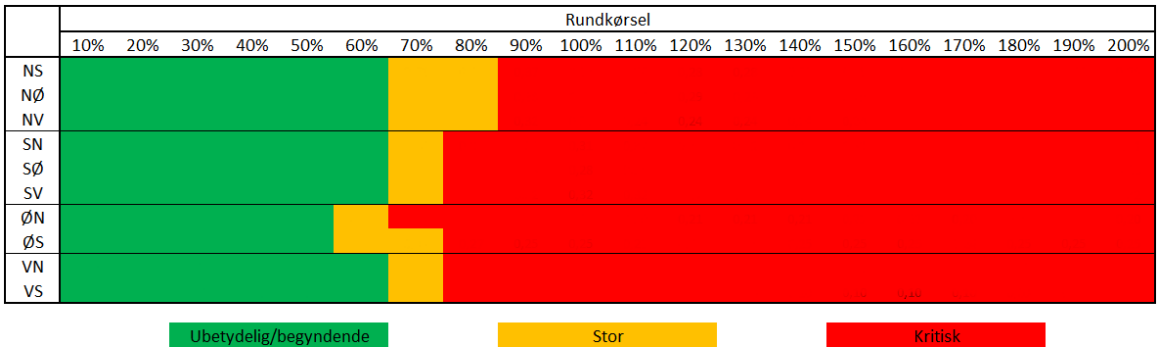


Figur 11.9: Udvikling af rejsetiden gennem tilslutningsanlæggene ved varierende trafikmængder.

Rejsetiden for de tre forskellige tilslutningsanlæg er tilnærmelsesvis ens frem til 50 % af den nuværende trafik. Herefter øges rejsetiden i rundkørslerne, hvilket stemmer overens med, hvornår kapaciteten er opbrugt.

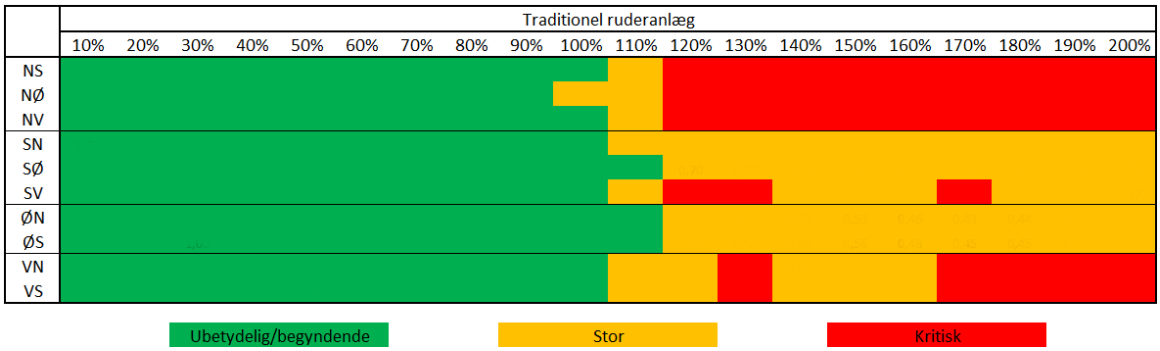
Rejsetiden stiger næsten lineært for både det traditionelle ruderanlæg og det dynamiske ruderanlæg indtil 100 %. Her opnås kapacitetsgrænsen for det traditionelle ruderanlæg, hvorefter rejsetiden øges kraftigt. Der forekommer uventede fald og stigninger i rejsetiden, efter kapacitetsgrænsen for det traditionelle ruderanlæg er nået. Dykkene stemmer dog overens med dykkene, som blev beskrevet i trafikafviklingen. For det dynamiske ruderanlæg stiger rejsetiden først ved 160 %. Stigningen i rejsetiden sker lige før, der er nedbrud i anlægget som vist i figur 11.8. Det kan derfor tyde på, at der for nogle rejseretninger opstår afviklingsproblemer, mens trafikken stadig afvikles i andre retninger.

Rejsetiden er i det ovenstående den samlede rejsetid for hele tilslutningsanlægget. I det følgende fokuseres der på rejsetider i de enkelte retninger. På figur 11.10, 11.11 og 11.12 er rejsetiderne for rejseretningerne i de tre tilslutningsanlæg præsenteret med udgangspunkt i de vejledende værdier beskrevet i Projekt Trængsel, som blev præsenteret i afsnit 9.1.2.



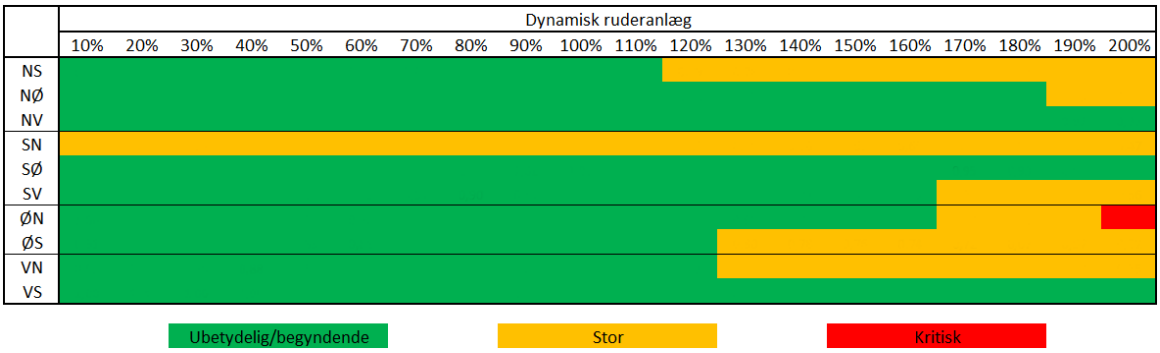
Figur 11.10: Trængsel for hver retning i rundkørslen.

I rundkørslen er der ubetydelig trængsel indtil en trafikmængde på 60 %. Herefter sker der næsten med det samme sammenbrud på alle retninger.



Figur 11.11: Trængsel for hver retning i det traditionelle ruderanlæg.

I det traditionelle ruderanlæg er der en ubetydelig trængsel frem til den nuværende trafikmængde. Herefter er der store eller kritiske trængselsproblemer i alle rejseretninger. Der opstår kritisk trængsel på retningerne fra nord ved en trafikmængde på 120 %. Det kan efter gennemsyn af VISSIM-simuleringen konstateres, at der sker sammenbrud ved henholdsvis 120 %, 130 % og 170 %. Det har ikke være muligt at finde en forklaring på, hvorfor det udelukkende er ved disse simuleringer, at det sker sammenbrud, men sammenbrudne er skyld i udslagene i resultaterne.

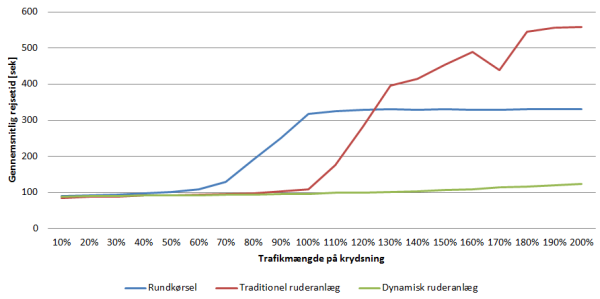


Figur 11.12: Trængsel for hver retning i det dynamiske ruderanlæg.

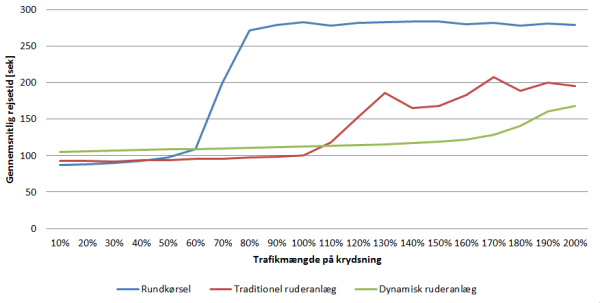
Ud fra rejsetiderne i det dynamiske ruderanlæg kan det ses, at der er ubetydelig trængsel i stort set alle rejseretninger frem til 160 %. I retningerne NS, ØN, ØS opleves stor trængsel fra 130 %. I retning SN opleves der konstant stor trængsel gennem alle simuleringerne. Dette skyldes, at denne retning er

nedprioriteret ift. NS, hvormed trafikanterne ved enhver trafikmængde vil holde for rødt i det nordlige signalregulerede kryds. Ved forøgelse af trafikmængden er det især på frakørselsramperne, at rejsetiden forøges - dog mest for de højresvingende. Det kan tyde på, at kapaciteten i de et-sporede frakørsler er opbrugt.

På figur 11.13 og 11.9 er rejsetiden for retningerne NS og SN illustreret for de tre tilslutningsanlæg.



Figur 11.13: Udvikling i rejsetiden for den sydgående trafik med varierende trafikmængder.



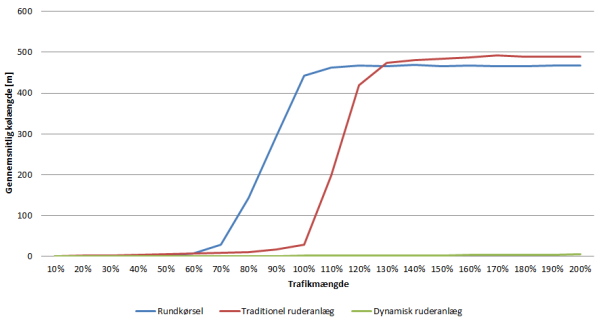
Figur 11.14: Udvikling i rejsetiden for den nordgående trafik med varierende trafikmængder.

Ud fra graferne er det tydeligt, at der er stor forskel på, om rejseretningen er prioriteret eller ej i det dynamiske ruderanlæg. Rejsetiden for den nordgående trafik i det dynamiske ruderanlæg er markant højere end for den sydgående trafik, hvilket skyldes prioriteringen i signalplanen, som tidligere er beskrevet. Grafen kan anvendes som bevis på, at det er muligt at prioritere en trafikstrøm og dermed sørge for afviklingen af den trafikstrøm, som er hårdest belastet. Prioriteringen varieres hen over døgnet. Trafikafviklingen bliver problematisk, hvis der er lige store trafikmængder i begge retninger.

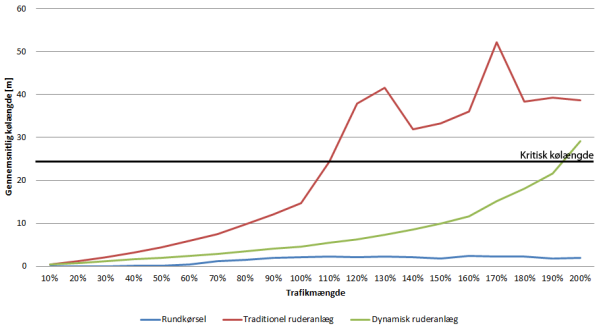
11.6.3 Kølængde

Kølængderne er målt gennem alle simuleringer, for at det derudfra er muligt at lokalisere, hvor i tilslutningsanlægget der opstår sammenbrud. Det er relevant at lokalisere stederne, da f.eks. kø på broen vil danne blokade for frakørslerne, hvilket kan medføre, at der kommer kø fra tilslutningsanlægget på motorvejen. Figurer med placeringer af nodes findes i Bilag C (s. 117).

Udviklingen i den gennemsnitlige kølængde for den sydgående trafik er illustreret på figurerne 11.15 og 11.16. Ud fra kølængden ved node 400 kan det ses, at trafikken her kan afvikles for alle trafikmængder og med alle tre udformninger. Der opstår allerede kø ved det traditionelle ruderanlæg ved afviklingen af den nuværende trafikmængde. Den nordgående retning er i det dynamiske ruderanlæg den prioriterede retning i simuleringerne. Derfor forventes det, at der vil være en forskel i resultaterne for hhv. den nord- og den sydgående retning. Det dynamiske ruderanlæg påvirkes nærmest ikke ved node 200, mens der dannes en mindre kø på maksimalt 10 m ved node 400, hvilket må anses som acceptabelt. Der opstår ingen kø ved node 400 i rundkørslen, hvilket skyldes trafikstrømmene i rundkørsler i forbindelse med tilslutningsanlæg, hvor der er ingen eller næsten ingen, der blokerer for afviklingen af trafikken på broen.

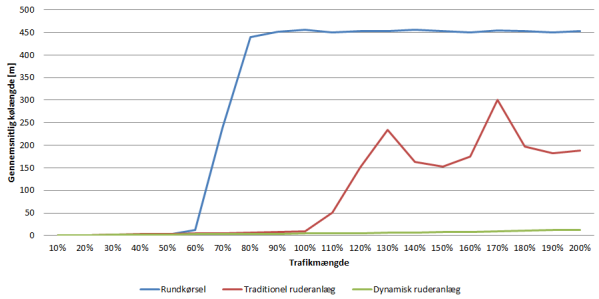


Figur 11.15: Udviklingen af den gennemsnitlige kølængde ved varierende trafikmængder for node 200.

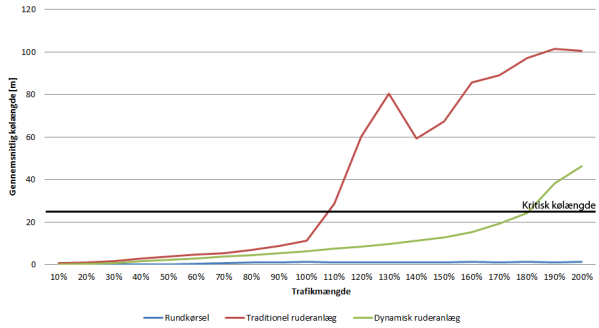


Figur 11.16: Udviklingen af den gennemsnitlige kølængde ved varierende trafikmængder for node 400.

Udviklingen i den gennemsnitlige kølængde for trafikken, der kører SN, hvilket er den nedprioriterede retning i det dynamiske ruderanlæg, er illustreret på figurerne 11.17 og 11.18. Der forekommer nedbrud ved node 500 i anlægget med rundkørsler allerede ved ca. 60 %. Der opstår ved det traditionelle ruderanlæg problemer ved afviklingen af den nuværende trafik, hvilket stemmer overens med oplysninger om den nuværende situation ved det virkelig tilslutningsanlæg. Det dynamiske ruderanlæg afvikler trafikken bedst, og der forekommer kun lave kølængder. Ved node 300 vil der for det dynamiske ruderanlæg være en tiltagende kø ved en trafikmængde på ca. 180 %. Da køen ved node 300 opnår en længde tilsvarende broens længde, begynder der også at opstå kø ved node 500. Dette giver god mening, da det tyder på, at trafikken ikke længere kan afvikles. Det samme mønster ses for det traditionelle ruderanlæg.



Figur 11.17: Udviklingen af den gennemsnitlig kølængde ved varierende trafikmængder for node 500.

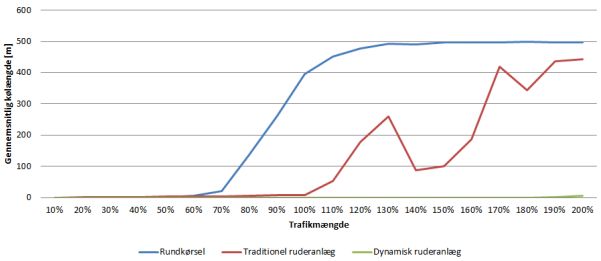


Figur 11.18: Udviklingen af den gennemsnitlig kølængde ved varierende trafikmængder for node 300.

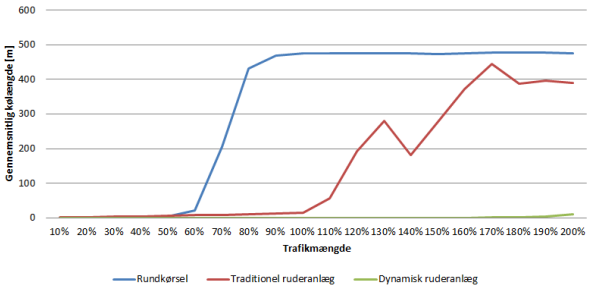
Udviklingen i den gennemsnitlige kølængde for den højresvingede trafik på frakørslerne er illustreret på figurerne 11.19 og 11.20. Kødannelse ved netop disse nodes vil påvirke trafikafviklingen på motorvejen, hvis køerne bliver længere end frakørselssporene.

I rundkørslen opstår der store kølængder ved en trafikmængde på ca. 60 %-70 %, hvilket stemmer overens med det trafikale sammenbrud, der allerede er konkluderet. For det traditionelle ruderanlæg begynder kødannelserne ved den nuværende trafikmængde. Ved node 10 forekommer der et unaturligt spring i kølængderne fra 130 % - 160 % hvilket kan skyldes, at det ikke længere er muligt at simulere trafikken korrekt i VISSIM, eftersom der er nedbrud i simuleringerne.

I det dynamiske ruderanlæg afvikles trafikken uden der opstår nævneværdige kølængder ved node 10 og 100.

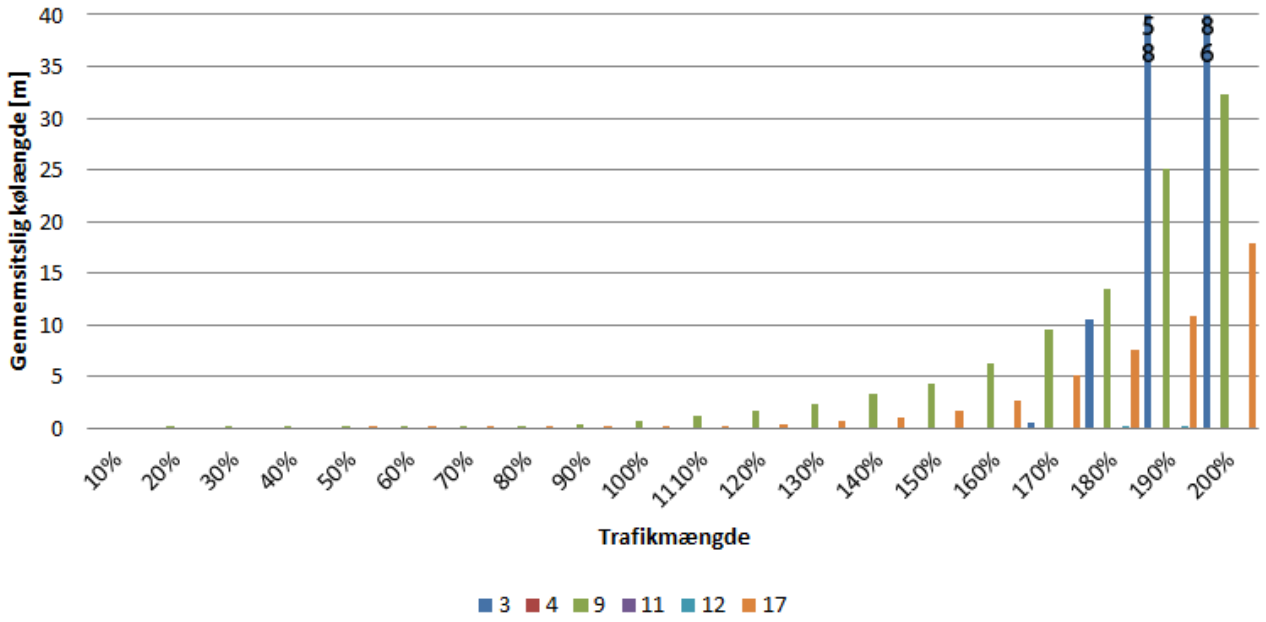


Figur 11.19: Udviklingen af den gennemsnitlig kølængde ved varierende trafikmængder for node 10.



Figur 11.20: Udviklingen af den gennemsnitlig kølængde ved varierende trafikmængder for node 100.

For det dynamiske ruderanlæg er der indlagt ekstra nodes for at måle udviklingen, hvor kølængderne er illustreret på figur 11.21. Køen dannes ved den blokade, der sker ifm. trafikafviklingen af den nedprioriterede retning ved frakørslen fra motorvejen og tilkørslen til motorvejen fra broen.



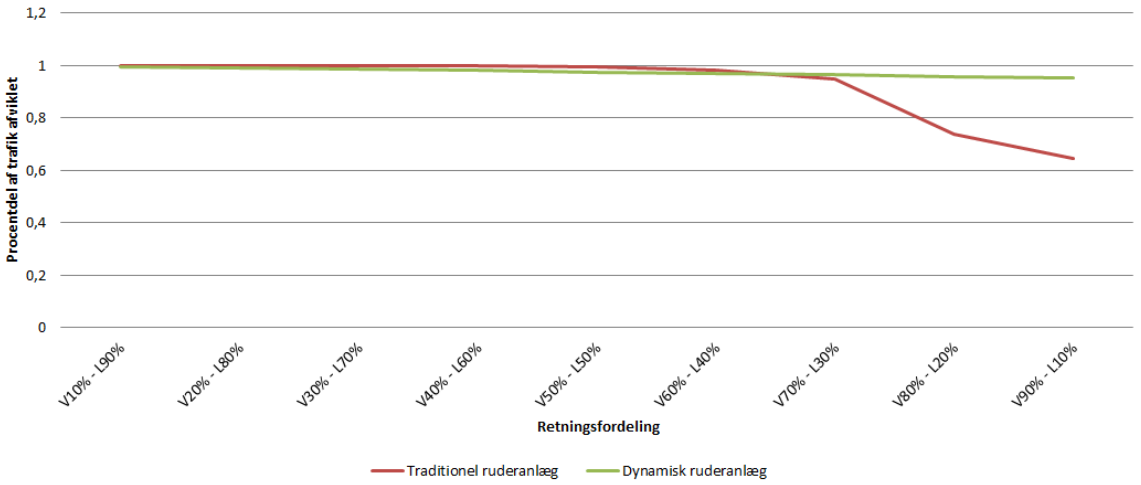
Figur 11.21: Udvikling af den gennemsnitlige kølængde ved varierende trafikmængder ved ekstra nodes i det dynamiske ruderanlæg.

11.7 Scenarie 3: Varierende mængde af svingende trafik

I dette scenarie simuleres det traditionelle og det dynamiske ruderanlæg for at undersøge, hvordan fordelingen af den hhv. venstresvingende og ligeudkørende trafik på den tværgående vej påvirker trafikafviklingen. Trafikafviklingen i de to tilslutningsanlæg sammenlignes, således det kan lokaliseres, ved hvilke svingmængder det er fordelagtigt at anvende de enkelte tilslutningsanlæg. Der tages udgangspunkt i trafikmængden for hele tilslutningsanlægget fra den nuværende situation, hvorefter denne holdes konstant gennem alle simuleringer. I scenariet varieres den svingende trafik fra henholdsvis syd og nord fra 10 % venstresvingende og 90 % ligeudkørende op til intervallet på 90 % venstresvingende og 10 % ligeudkørende. Ved at holde den samlede trafikmængde konstant er det muligt udelukkende at fokusere på den svingende trafik, og hvordan denne trafik påvirker afviklingen i anlæggene.

11.7.1 Trafikafvikling

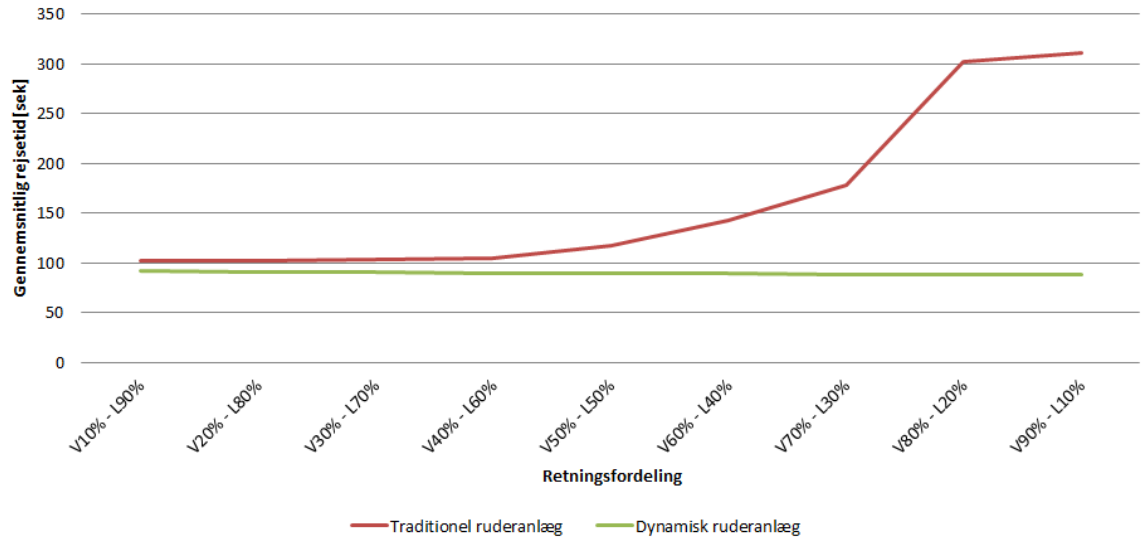
På figur 11.22 er trafikafviklingen ved en varierende retningsfordeling illustreret. Ud fra figuren fremgår det, at størstedelen af intervallerne kan afvikles i det dynamiske ruderanlæg uanset retningsfordelingen. Det traditionelle ruderanlæg har begyndende afviklingsproblemer, når andelen af venstresvingende overstiger 60 %.



Figur 11.22: Trafikafvikling ved varierende retningsfordeling.

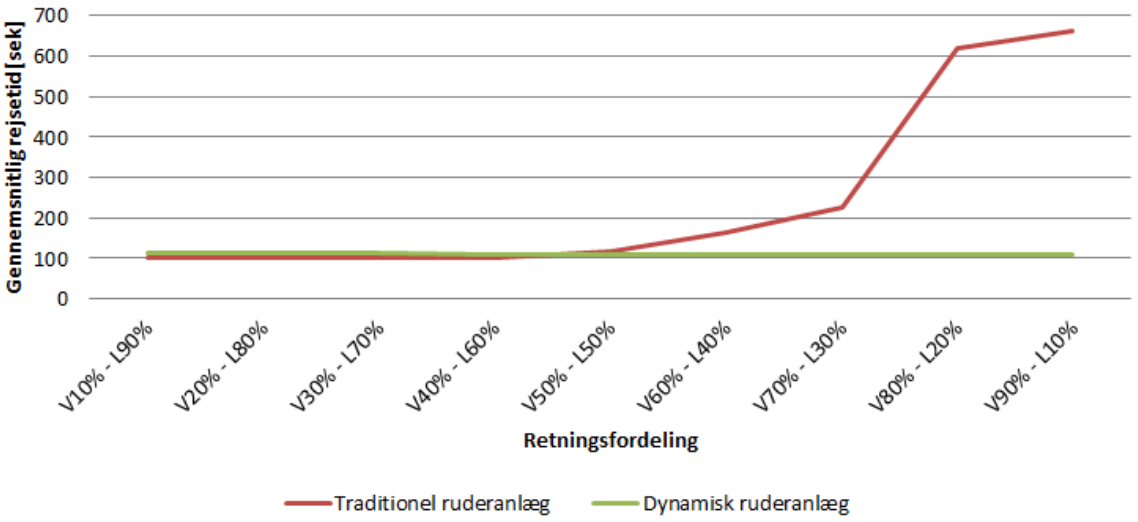
11.7.2 Rejsetid

Den gennemsnitlige rejsetid for anlæggene med variation af retningsfordelingen hen over den tværgående vej er illustreret på figur 11.23. Det er ud fra figuren tydeligt, at der i det dynamiske ruderanlæg er en konstant rejsetid, uanset retningsfordelingen på den tværgående vej. I modsætning hertil er det tydeligt, at rejsetiden forlænges i det traditionelle ruderanlæg, når fordelingen af trafikken er 40 % venstresvingende og 60 % ligeudkørende.



Figur 11.23: Gennemsnitlig rejsetid for den samlede rejsetid i de to tilslutningsanlæg.

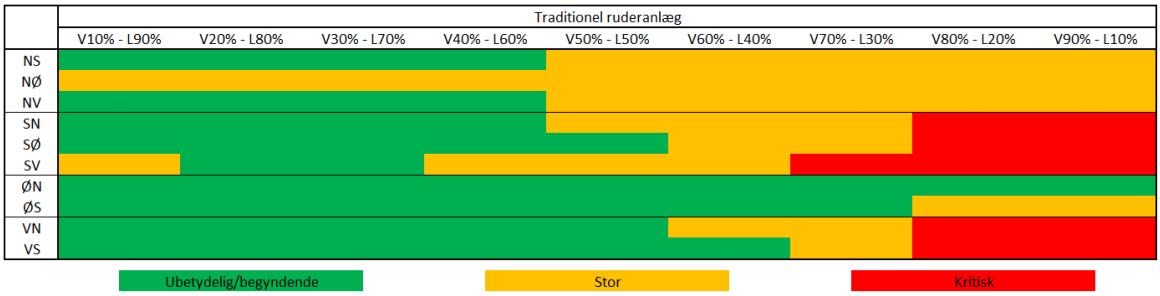
Den gennemsnitlige rejsetid i det traditionelle ruderanlæg forøges kraftigt, som konsekvens af sammenbruddet i tilslutningsanlægget, når andelen af venstresvingende overstiger 50%. I det dynamiske ruderanlæg er den generelle tendens, at der for alle retninger er en markant kortere rejsetid.



Figur 11.24: Rejsetid for trafikken fra syd som er nordgående ved varierende retningsfordeling.

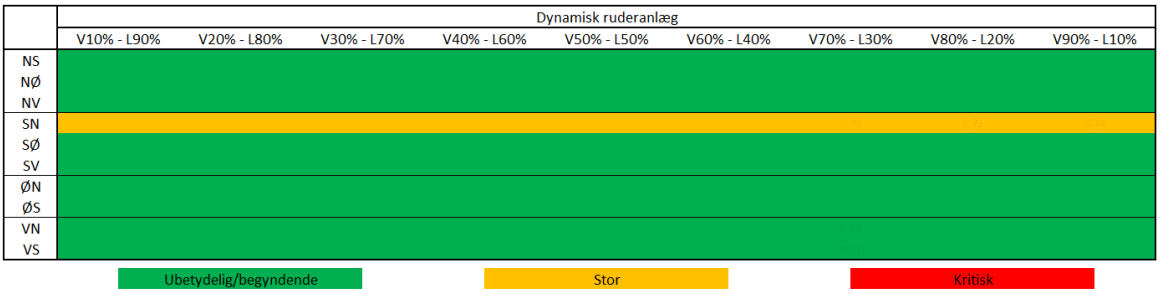
Rejsetiden for den nordgående trafik er længere i det dynamiske ruderanlæg end i det traditionelle ruderanlæg, hvis den gennemkørende trafikmængde er i intervallet 60 %-90 %, hvilket er vist i figur 11.24. Dette skyldes, at den nordgående trafik er nedprioriteret i modellen. Ved det traditionelle ruderanlæg er ingen af de ligeudkørende på Assensvej prioriteret.

Rejsetiden er i figur 11.25 og 11.26 sammenlignet med de enkelte free flow hastigheder, hvormed den oplevede trængsel på rejseretningen er fundet.



Figur 11.25: Trængsel for hver retning i det traditionelle ruderanlæg.

I det traditionelle ruderanlæg er der stor trængsel ved alle retningsfordelinger i retningen fra nord mod øst, hvilket er den vestresvingende trafik fra Assensvej til motorvejen. Der er desuden en tendens til, at så snart der forekommer mere svingende end ligeudkørende trafik, opstår der stor-kritisk trængsel på alle retninger. Dog ikke for den højresvingede trafik fra motorvejen fra øst mod nord.

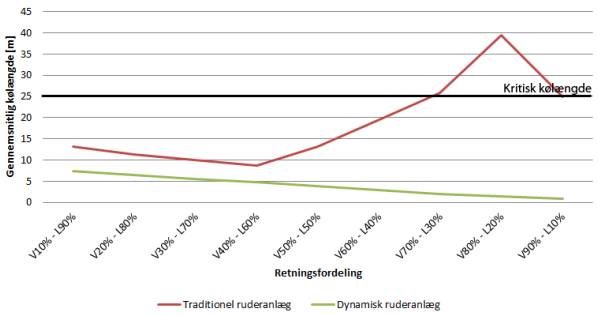


Figur 11.26: Trængsel for hver retning i det dynamiske ruderanlæg.

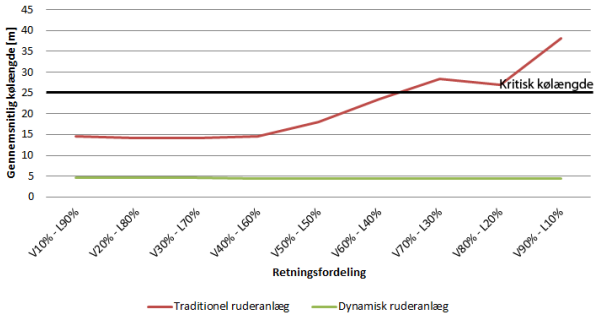
I det dynamiske ruderanlæg opleves der konstant stor trængsel ved alle retningsfordelinger for den nordgående trafik på Assensvej. Dette skyldes, at denne retning er nedprioriteret til fordel for den sydgående retning. For alle yderligere retninger i tilslutningsanlægget opleves der ubetydelig/begyndende trængsel.

11.7.3 Kølængde

Den gennemsnitlige kølængde ved node 300 og 400 er vist på figur 11.27 og 11.28, der viser udviklingen for køen mellem signalanlæggene. Det fremgår af figurerne, at desto større andel venstresvingende trafik, desto større kølængde i det traditionelle ruderanlæg. Dette skyldes, at de venstresvingende har vigepligt for den modkørende trafik, hvilket resulterer i, at det i de fleste tilfælde blot er nogle få trafikanter, som vil nå at foretage et venstresving pr. omløb i signalreguleringen. For at afhjælpe dette problem er det muligt at indføre en venstresvingsfase i signalplanen, hvilket dog vil medføre en nedsat kapacitet for den modkørende færdselsretning. Kølængderne for det traditionelle ruderanlæg øges med andelen af venstresvingende, hvilket medfører, at venstresvingsmagasinet ikke er tilstrækkeligt, og derved blokeres den gennemkørende trafik.



Figur 11.27: Gennemsnitlig kølængde ved node 300.



Figur 11.28: Gennemsnitlig kølængde ved node 400.

I det dynamiske ruderanlæg forekommer der minimale kølængder ved node 300 og 400, hvilket betyder, at det frie venstresving til motorvejsrampen ikke blokeres, hvorved fordelen ved det dynamiske ruderanlæg bevares. Kølængderne ved node 300 reduceres, når mængden af venstresvingende øges. Dette er ikke tilfældet ved node 400, hvor kølængden er nogenlunde stabil. Reduktionen ved node 300 skyldes, at dette er den nedprioriterede retning i signalplanen og derved vil ligeudkørende altid skulle holde for rødt her.

11.7.4 Opsamling

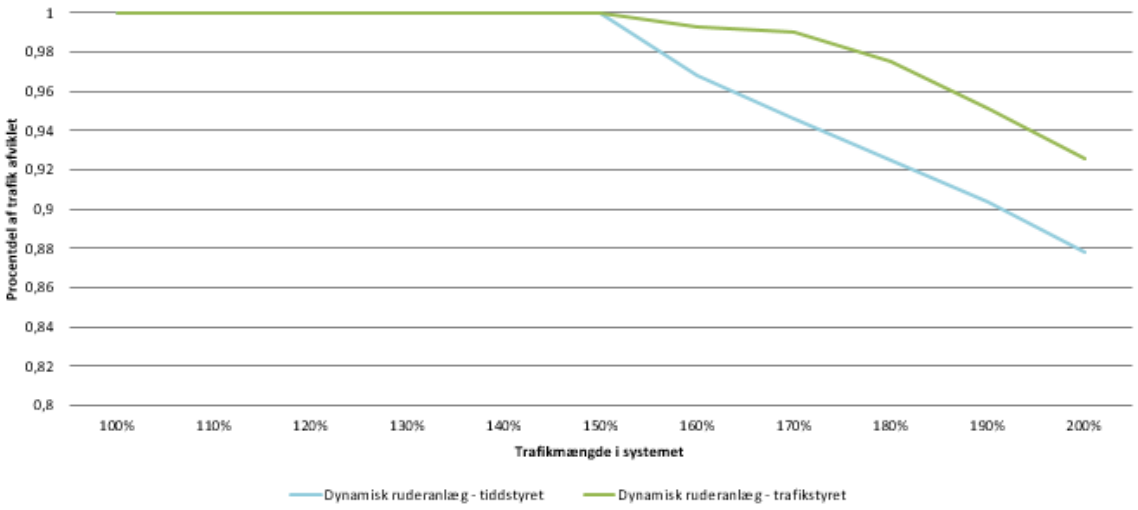
Det kan konkluderes, at det dynamiske ruderanlæg har en generelt højere kapacitet end det traditionelle ruderanlæg. Rejsemønstret har en afgørende indflydelse på kapaciteten af det traditionelle ruderanlæg, og andelen af venstresvingende bør ikke overstige 40 %. Trafikafviklingen i det dynamiske ruderanlæg påvirkes ikke synderligt af, at retningsfordelingerne varieres. Der vil dog altid forekomme længere rejsetider for den nedprioriterede retning på den tværgående vej.

11.8 Scenarie 4: Trafikstyret dynamisk ruderanlæg

I dette scenarie simuleres udelukkende det dynamiske ruderanlæg. I de foregående scenarier har signalanlæggene været tidsstyrede, hvor signalerne i dette scenarie vil være trafikstyrede. Ved at lave signalerne trafikstyrede er der foretaget programmering i programmet VISVAP, hvor signalplaner, grøntider, forlængelse af grøntider og hvordan faserne skal interagere mellem hinanden er defineret. Trafikmængden varieres som ved Scenarie 1. Det ønskes gennem simuleringerne at se forskellen i trafikafviklingen og derudfra bestemme, hvornår det vil være mest optimalt at anvende et trafikstyret signalanlæg fremfor et tidsstyret signalanlæg. Video af simuleringen kan ses på YouTube-klip nr. 5.

11.8.1 Trafikafvikling

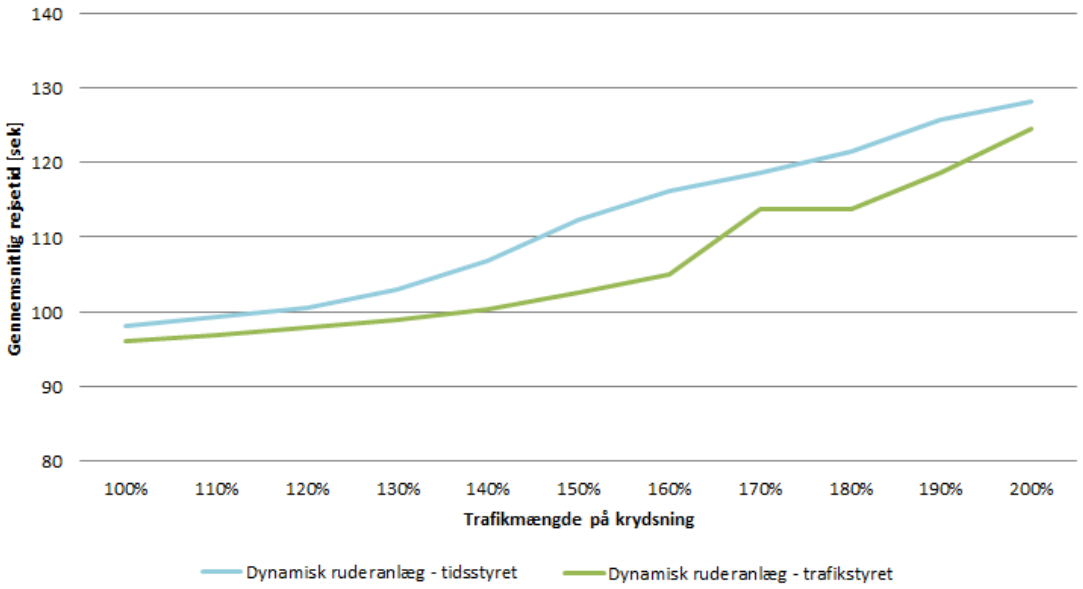
Trafikafviklingen for henholdsvis det dynamiske ruderanlæg der er tidsstyret og trafikstyret er vist på figur 11.29. Ud fra figuren kan det konkluderes, at trafikken afvikles uden problemer op til en trafikmængde på 150 %, hvorefter der begynder at være trafikafviklingsproblemer. Ved trafikmængder over 150 % falder trafikafviklingen kraftigt i det tidsstyrede dynamiske ruderanlæg ift. det trafikstyrede dynamiske ruderanlæg.



Figur 11.29: Trafikafvikling i dynamiske ruderanlæg der er hhv. tids- og trafikstyret.

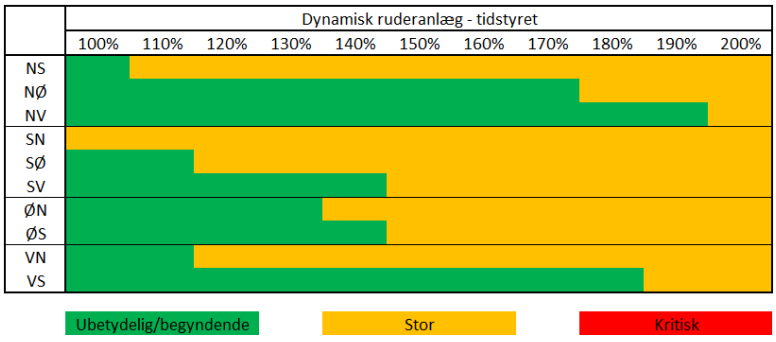
11.8.2 Rejsetid

Den gennemsnitlige rejsetid for de dynamiske ruderanlæg er illustreret på figur 11.30.

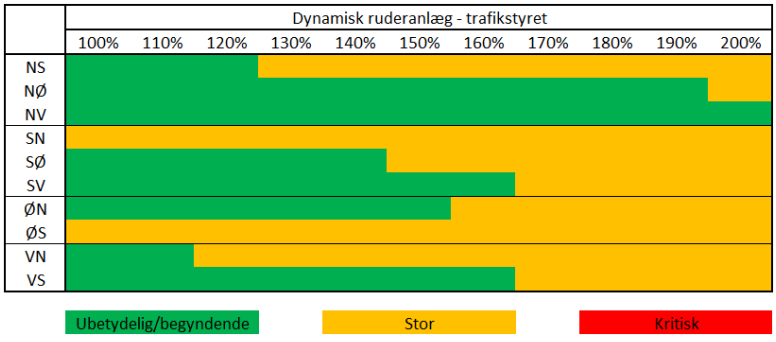


Figur 11.30: Udviklingen i den gennemsnitlige rejsetid for dynamiske ruderanlæg der er hhv. tids- og trafikstyret.

Ud fra figuren fremgår det, at den gennemsnitlige rejsetid generelt er forbedret i det trafikstyrede anlæg ift. det tidsstyrede. I gennemsnit forbedres rejsetiden igennem anlægget med ca. 2 sek ved den nuværende trafikmængde på 100 %. Ved en trafikmængde på 200 % er den forbedret med ca. 4 sek. Det er ud fra grafen tydeligt, at der er en forbedring af rejsetiden i det trafikstyrede anlæg. Desto større trafikmængden bliver, desto bedre bliver trafikafviklingen i det trafikstyrede anlæg ift. det tidsstyrede.

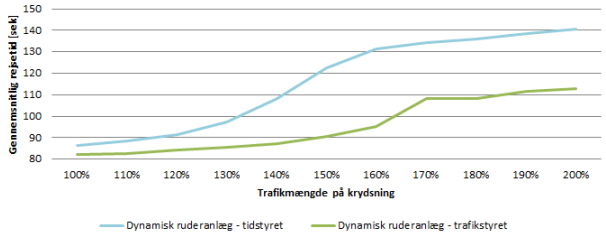


Figur 11.31: Trængsel ved tidsstyret signalanlæg.

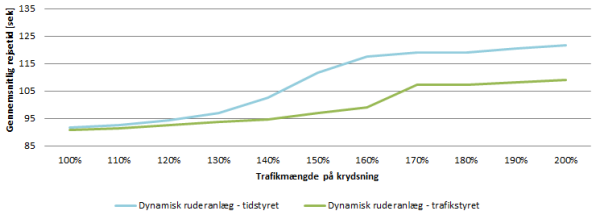


Figur 11.32: Trængsel ved trafikstyret signalanlæg.

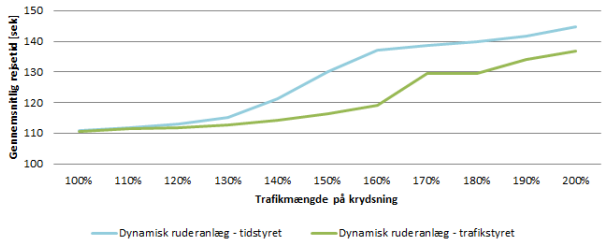
Gennem trafikstyringen af det dynamiske ruderanlæg prioriteres den retning, hvor der er den største trafikmængde til alle tidspunkter i simuleringen. Dermed bliver trafikafviklingen bedre, da signalreguleringen tilpasses situationen her og nu, fremfor at signalet skifter efter en forudbestemt signalplan. Denne forskel ses på figur 11.31 og 11.32, hvor den oplevede trængsel ved de forskellige rejseretninger er illustreret.



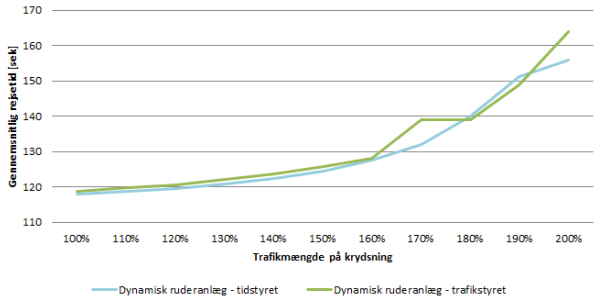
Figur 11.33: Rejsetid for SØ.



Figur 11.34: Rejsetid for SV.



Figur 11.35: Rejsetid for SN.

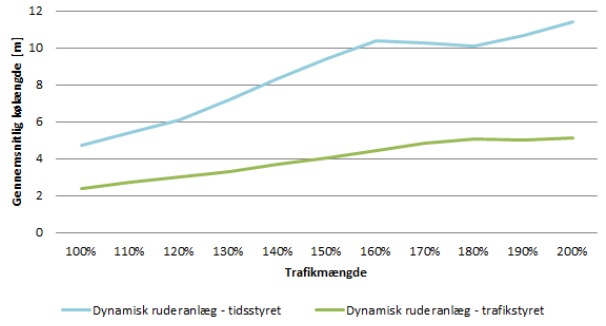


Figur 11.36: Rejsetid for ØS.

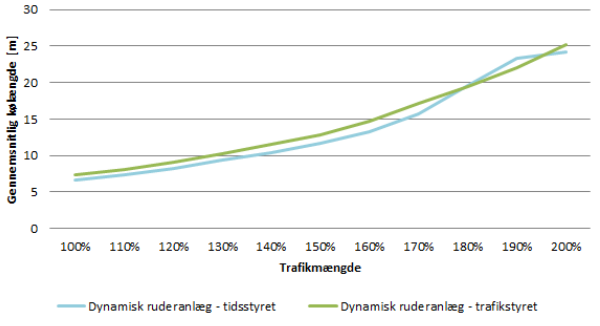
Rejsetiden for ØS vil dog forværres, som vist i figur 11.36 i det trafikstyrede anlæg. Forværringen skyldes, at den gennemkørende trafik i dette tilfælde prioriteres, hvilket resulterer i, at der oftere vil være rødt lys på frakørselsrampen, og derved forlænges rejsetiden.

11.8.3 Kølængde

Den gennemsnitlige kølængde ved node 300 og 400 er vist på figur 11.37 og 11.38. Den gennemsnitlige kølængde overskrider ikke den kritiske afstand på 25 m, hvilket betyder, at der til enhver tid kan foretages et frit venstresving ved tilkørselsramperne fra broen til motorvejen.



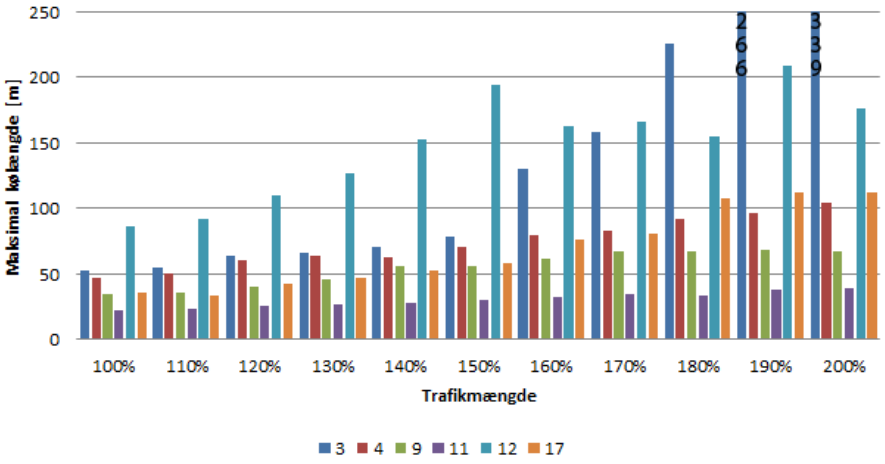
Figur 11.37: Gennemsnitlig kølængde ved node 300.



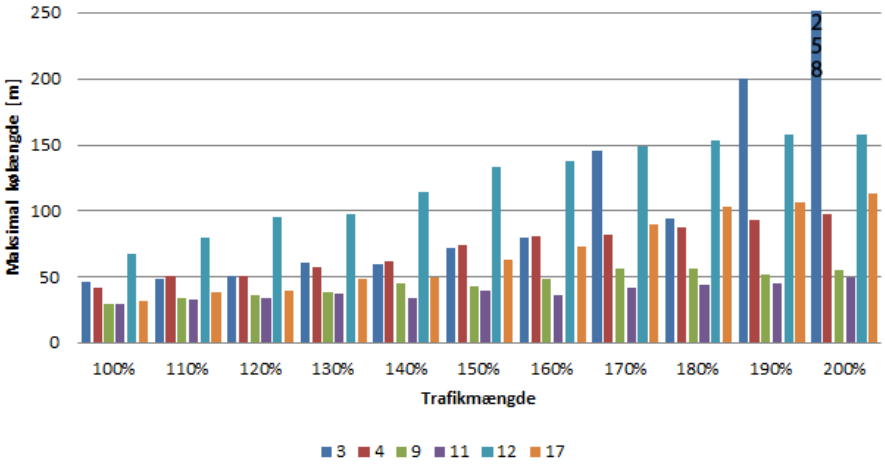
Figur 11.38: Gennemsnitlig kølængde ved node 400.

Den generelle tendens for den gennemsnitlige kølængde er, at der opstår længere kø for den sydgående trafik og kortere kø for den nordgående trafik ved det trafikstyrede anlæg ift. det tidsstyrede. Dette skyldes, at der ikke prioriteres en enkelt retning i det trafikstyrede anlæg, hvorfor den nordgående trafik afvikles bedre end ellers, og på bekostning af dette afvikles den sydgående tilsvarende ringere.

De maksimale kølængder ved ekstra nodes i de dynamiske ruderanlæg er vist på figur 11.39 og 11.40. Der er generelt kortere køer i det tidsstyrede signalanlæg ved tilkørslerne til motorvejen, mens der er generelt længere køer ved frakørslerne. Dette kan skyldes, at der i det trafikstyrede anlæg er fokus på Assensvej, og dermed er trafikafviklingen på frakørslerne anden prioritet. Ved at gøre hele anlægget trafikstyret, og ikke kun den tværgående vej, er det muligt at prioritere netop de retninger, der er relevante for at afvikle trafikken i det pågældende dynamiske ruderanlæg.



Figur 11.39: Maksimal kølængde ved ekstra nodes med tidsstyring.



Figur 11.40: Maksimal kølængde ved ekstra nodes med trafikstyring.

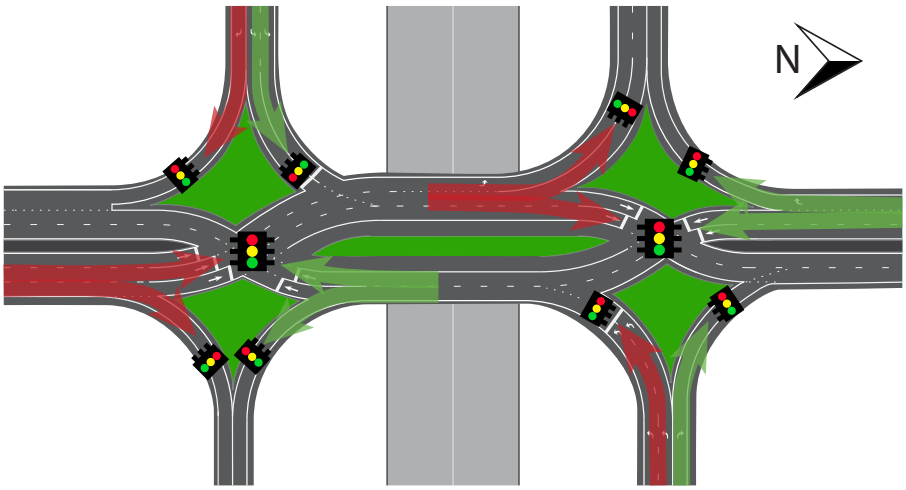
11.8.4 Opsamling

Rejsetiden forbedres generelt for hele anlægget, når tilslutningsanlægget trafikstyres. Kølængderne både forbedres og forværres med trafikstyring, hvilket skyldes, at det ikke er hele tilslutningsanlægget, som er trafikstyret. Trafikstyringen er både fordelagtig ved lave og høje trafikmængder.

11.9 Scenarie 5: Fodgængere placeret yderst i et dynamisk ruderanlæg

I dette scenarie inkluderes fodgængere som en del af det dynamiske ruderanlæg. Ved at inkludere fodgængere i det dynamiske ruderanlæg opnås en situation, som den vil se ud i et bynært tilslutningsanlæg i Danmark. Ved at tilføje fodgængere forventes det, at der vil ske en forringelse af trafikafviklingen i anlægget. Fodgængerne placeres på ydersiden af anlægget, hvilket svarer til den normale placering i et traditionelt ruderanlæg. Ved at placere fodgængerne her tilføjes signaler på alle til- og frakørselsramper for at styre trafikken, når fodgængerne skal krydse ramperne. Dette tiltag skal være med til at sikre, at det opleves sikkert at færdes i et dynamisk ruderanlæg. Da det ønskes at vurdere, hvordan trafikafviklingen påvirkes af signalregulering på ramperne, sammenlignes resultaterne med resultaterne for det dynamiske ruderanlæg fra afsnit 11.6 (s. 65). Trafikafviklingen vil her svare til, at fodgængerne har vigepligt for trafikken på til- og frakørselsramperne. Dette anlæg kaldes i det følgende afsnit for standard dynamisk ruderanlæg eller standard anlæg. Video af simuleringen kan ses på YouTube-klip nr. 4.

I modellen med signalregulering af ramperne er samspillet mellem signalerne som vist på figur 11.41. Hovedsignalerne er som ved de tidligere scenarier forskudt med 10 sek.

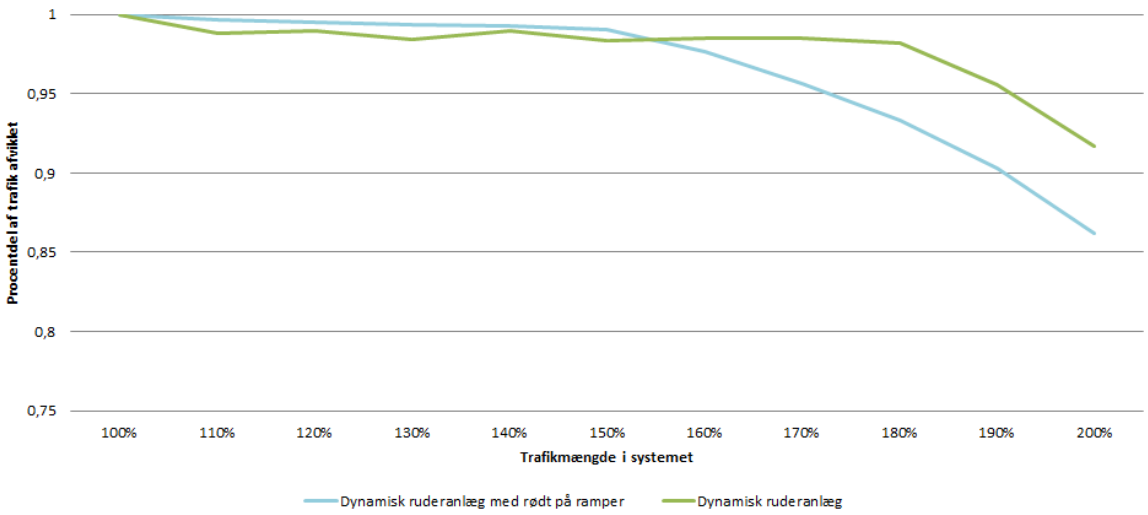


Figur 11.41: Signalernes sammenspil i det dynamiske ruderanlæg ved inkludering af fodgængere og signalstyring af ramperne.

Ved at signalregulere ramperne, således der er rødt for frakørslerne, når der er grønt for hovedsignalet, undgås sammenfletning mellem trafikken fra ramperne og trafikken på den tværgående vej.

11.9.1 Trafikafvikling

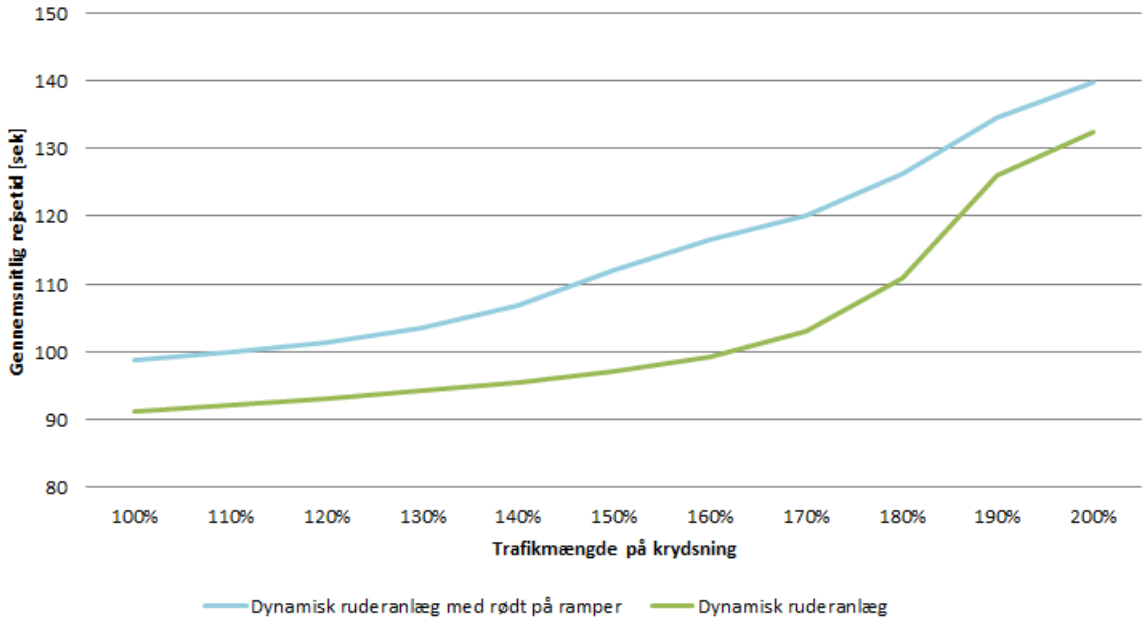
Mængden af afviklet trafik i modellerne af det dynamiske ruderanlæg er vist på figur 11.42. Ved en trafikmængde på 150 % er det ikke længere al trafikken, der kan afvikles i anlægget med signaler på ramperne. Der opstår først virkelige afviklingsproblemer for standard anlægget ved en trafikmængde på 180 %.



Figur 11.42: Den afviklede trafikmængde i de to udformninger af det dynamiske ruderanlæg.

11.9.2 Rejsetid

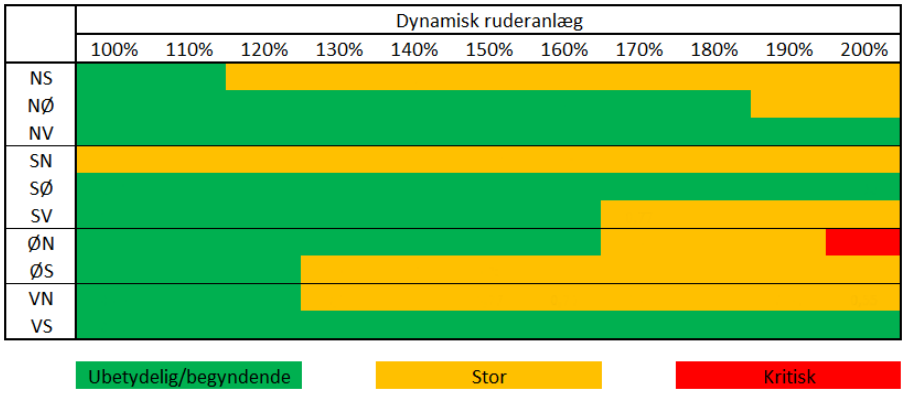
Ved signalregulering af ramperne forlænges den gennemsnitlige rejsetid for anlægget. Udviklingen i rejsetiden er illustreret på figur 11.43.



Figur 11.43: Den gennemsnitlige rejsetid for de to udformninger af det dynamiske ruderanlæg.

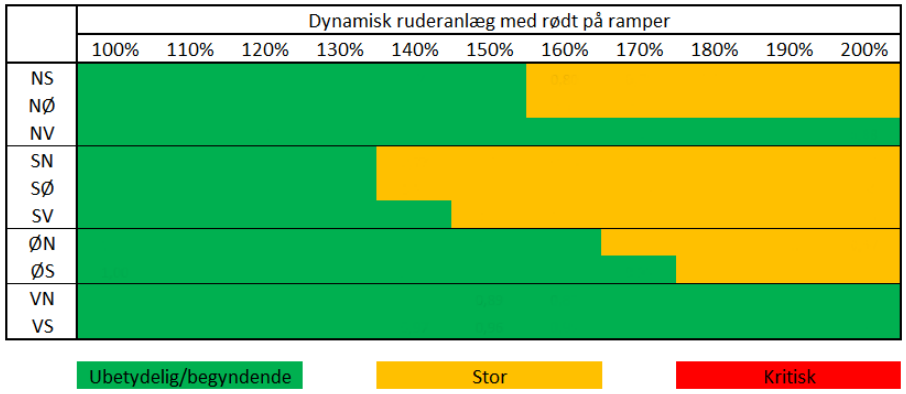
Ved den nuværende trafik forøges den gennemsnitlige rejsetid for alle trafikanter på ramperne ca. 10 sek pr. køretøj. Rejsetiden stiger kraftigt i takt med, at trafikmængden øges. I de fleste rejseretninger forøges rejsetiden med en faktor to.

Rejsetiden for de enkelte rejseretninger i de to udformninger af et dynamisk ruderanlæg er vist på figur 11.44 og 11.45. I standard anlægget er der som beskrevet i afsnit 11.6 (s. 65) stor trængsel i rejseretningen SN. Derudover er der store trængselsproblemer fra 130 % og opefter i retningerne NS, ØS og VN.



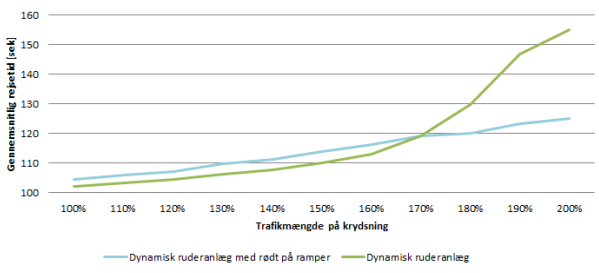
Figur 11.44: Trængslen i det dynamiske ruderanlæg, hvor ramperne er vigepligtsregulerede.

I det dynamiske ruderanlæg med signalregulerede ramper opleves der stor trængsel fra trafikmængden på 140 % i retningerne SN og SØ. Ved en trafikmængde på 160 % opleves der ligeledes stor trængsel på retningerne NS, NØ, SV, ØN og ØS. Der opleves ikke kritisk trængsel ved nogle af simuleringerne.

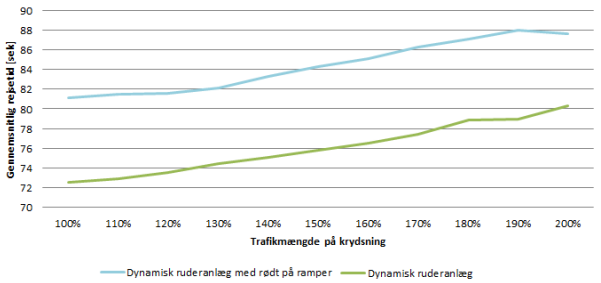


Figur 11.45: Trængslen i det dynamiske ruderanlæg, hvor ramperne er signalregulerede.

Overordnet set er trængslen tilnærmelsesvist kontant i standard anlægget ift. ubetydelig og stor trængsel på de forskellige retninger. Ved anlægget med signalreguleringer på ramperne er der ubetydelig trængsel for alle retninger, indtil der sker et skift, hvor næsten alle retninger nærmest simultant oplever stor trængsel.



Figur 11.46: Rejsetid for retningen VN.



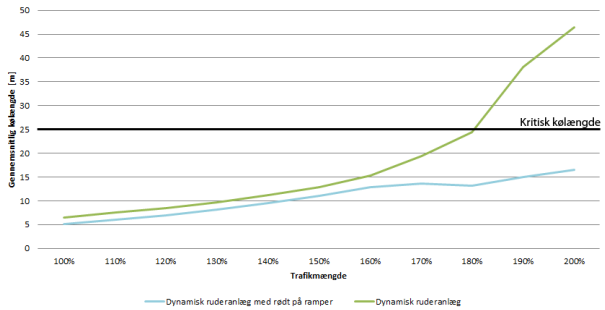
Figur 11.47: Rejsetid for retningen VS.

Der kan tilnærmelsesvist opnås grøn bølge for retningen VN i anlægget med signalregulering på ramperne. Dette medfører, at trafikken fra frakørselsrampen afvikles bedre, og dermed mindskes rejsetiden. Dette er vist på figur 11.46. For retningen VS er rejsetiden væsentlig lavere i standard

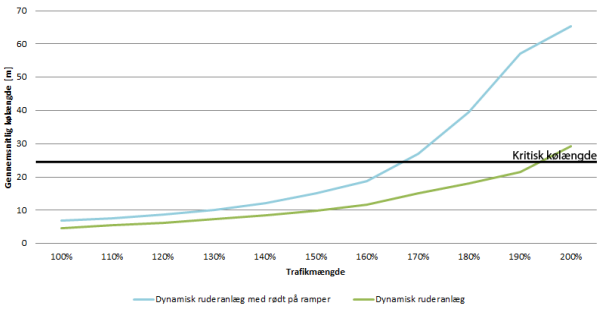
anlægget, hvilket skyldes, at dette anlæg er udformet med shuntspor, hvormed der er fri afvikling af trafikken. Ved at anlægge signalregulering på rampen bremses trafikken og rejsetiden stiger betydeligt.

11.9.3 Kølængde

Kølængderne i det dynamiske ruderanlæg påvirkes meget af signalreguleringerne på ramperne. På figur 11.48 ses udviklingen af de gennemsnitlige kølængder ved node 300. Da trafikken fra motorvejsfrakørslen delvist afvikles i en grøn bølge, er det primært den nordgående trafik, der vil holde i kø her, hvorfor kølængderne er forholdsvist lave ved anlægget med signalregulerede ramper. På figur 11.49 er den gennemsnitlige kølængde ved node 400 for de to udformninger af det dynamiske ruderanlæg vist. Det kan ses, at kølængden overstiger den kritiske kølængde ved en trafikmængde på 160 %. Afviklingen af trafik ved node 400 påvirkes af, at trafikken ved node 17 ikke afvikles. Dette medfører en tilbagestuvning på broen, som påvirker den gennemkørende trafik.

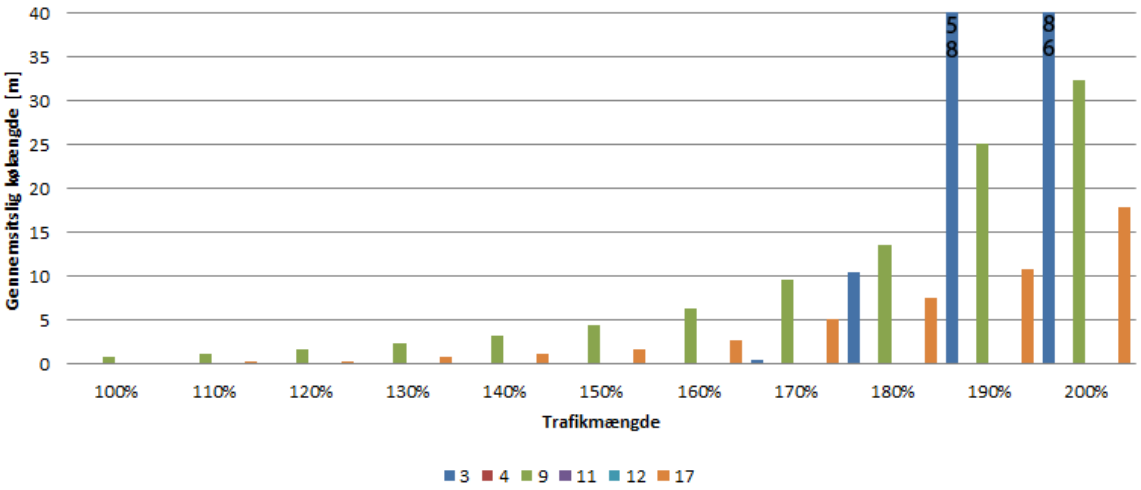


Figur 11.48: Gennemsnitlige kølængder for node 300.



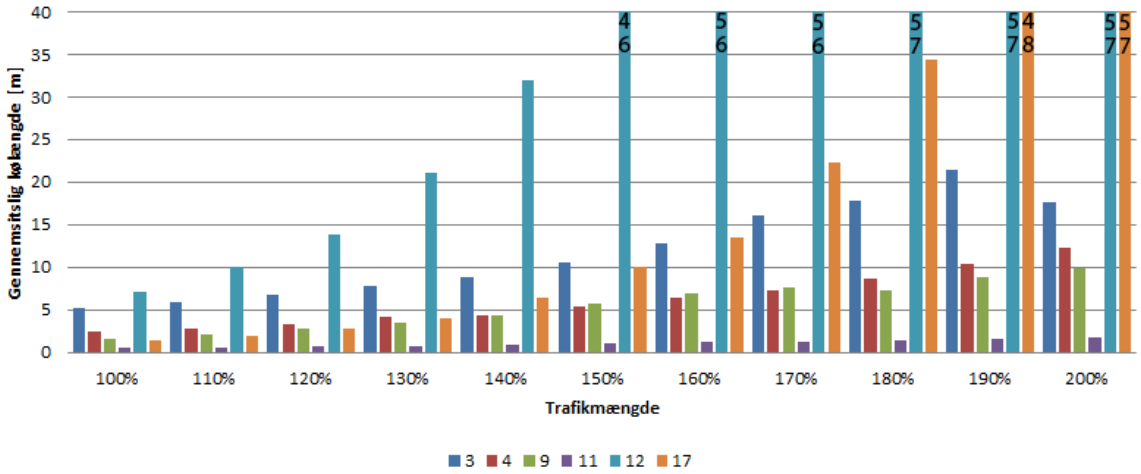
Figur 11.49: Gennemsnitlige kølængder for node 400.

De gennemsnitlige kølængder ved ekstra nodes i standard anlægget er illustreret på figur 11.50. Her ses det, at det specielt er ved node 3, 9 og 17, hvor der opstår kø. Ved node 3 skyldes køen, at der her er en stor trafikmængde, som skal flette med den nordgående trafik. Ved node 9 skyldes kølængderne, at der opstår så lang kø ved node 300, at køen blokerer for afviklingen af trafikken på tilkørselsrampen.



Figur 11.50: Den gennemsnitlige kølængde ved ekstra nodes i standard anlægget.

De gennemsnitlige kølængder ved ekstra nodes i anlægget med signalreguleringer på ramperne er illustreret på figur 11.51. Det er specielt ved node 3 og 17, der opstår kø. Ved node 3 og 17 tilbageholdes store trafikmængder ifm., at der er rødt på ramperne, når fodgængerne skal passere. Da der ved disse to nodes afvikles store trafikmængder, dannes der hurtigt lange køer netop her.



Figur 11.51: Den gennemsnitlige kølængde ved ekstra nodes i anlægget med signalreguleringer på ramperne.

11.9.4 Opsamling

Det kan konkluderes, at trafikken afvikles bedst i et dynamiske ruderanlæg uden signalregulerede ramper, hvis hele tilslutningsanlægget vurderes samlet. Dette konkluderes på baggrund af generelt lavere rejsetider og kortere kølængder ift. det dynamiske ruderanlæg med signalregulerede ramper. Fokuseres der på afvikling af trafikken hen over broen, afvikles trafikken dårligst i standardanlægget, hvor trafikken på den tværgående vej ender med at blokere for det frie venstresving på tilkørselsramperne til motorvejen. I anlægget med signalregulerede ramper afvikles trafikken på den tværgående vej i bølger, således udnyttes grøntiden bedre, og trafikken afvikles ift. til- og frakørselsramperne. Der opstår kø i simuleringen som følge af de tilføjede signalreguleringer. Ved at anlægge signalreguleringer ved node 3, 4, 11 og 12 er det ikke længere muligt med et frit højresving, hvilket fjerner noget af ideen med et dynamisk ruderanlæg. Det kan derfor ikke anbefales, at bløde trafikanter krydser ramperne i signalreguleringer, da det påvirker trafikafviklingen i for høj grad.

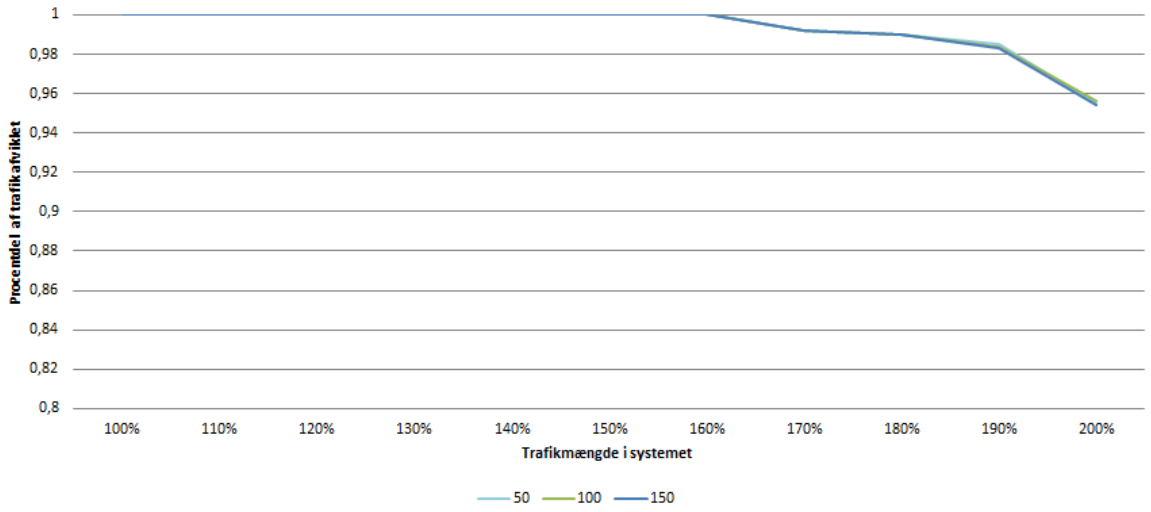
11.10 Scenarie 6: Fodgængere placeret inderst i et dynamisk ruderanlæg

I dette scenarie inkluderes fodgængere ligeledes i det dynamiske ruderanlæg. Fodgængerne placeres i midten af anlægget hen over broen, hvilket betyder, at trafikafviklingen hen over selve broen ikke påvirkes af ekstra signaler på ramperne. Ved at placere fodgængerne mellem de to køreretninger på broen er det muligt at få fodgængerne til at krydse med de to eksisterende signaler, der ellers udelukkende styrer trafikken på vejene. Placering af signaler og fodgængerfelter er illustreret på figur 8.22 (s. 41). Ved dette scenarie styres signalerne gennem programmering i VISVAP, således grøntiden og sikkerhedstiden forlænges i de to hovedsignaler, hvis der er fodgængere, som skal gennem anlægget. I scenariet analyseres for hhv. 50, 100 og 150 bløde trafikanter, der skal passere gennem anlægget på en time. Video af simuleringen kan ses på YouTube-klip nr. 6.

Det forventes, at trafikafviklingen gennem anlægget påvirkes af, at der inkluderes fodgængere i anlægget. Simuleringerne forventes at vise, hvilken fodgængermængde der kan inkluderes, uden at trafikafviklingen påvirkes i for høj grad, og hvornår det vil være nødvendigt at fjerne fodgængerne, således at de skal føres i et separat tracé.

11.10.1 Trafikafvikling

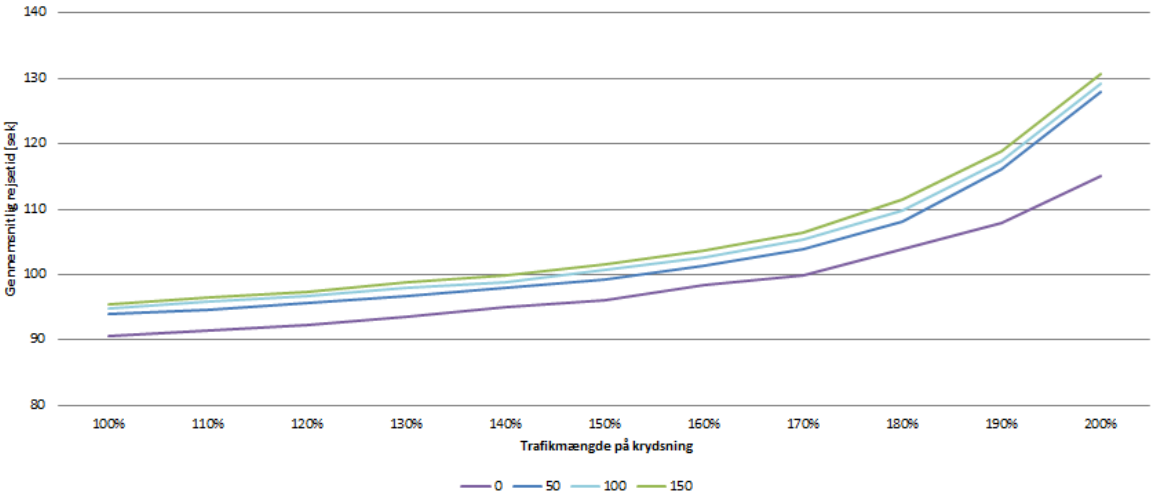
Trafikafviklingen i dette scenarie påvirkes stort set ikke af antallet af bløde trafikkanter, og trafikafviklingen er tilnærmelsesvis ens for de varierende mængder af forgængere, hvilket er vist på figur 11.52.



Figur 11.52: Trafikafvikling med forskellige mængder af bløde trafikanter og varierende trafik.

11.10.2 Rejsetid

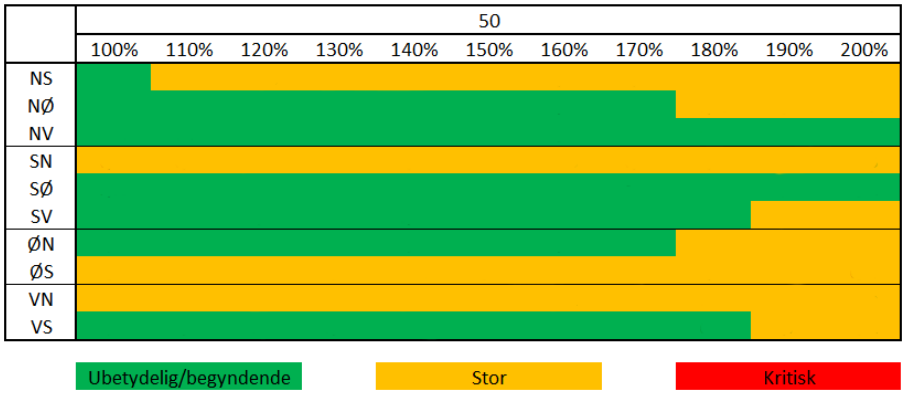
Den gennemsnitlige rejsetid ved mængder af bløde trafikanter fra 0 - 150 er illustreret på figur 11.53.



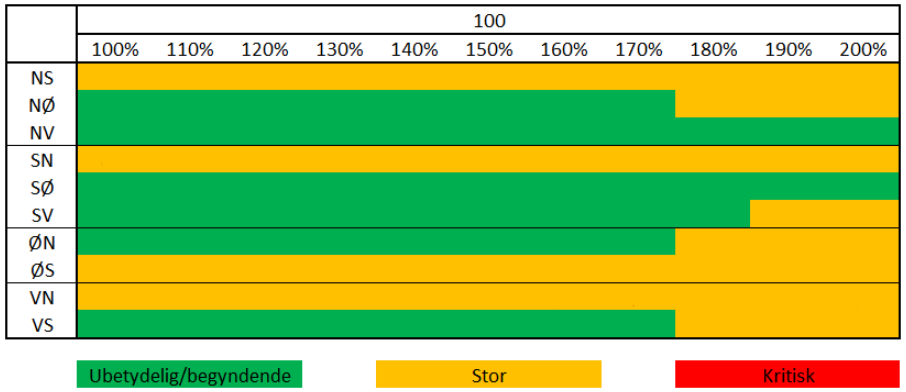
Figur 11.53: Den gennemsnitlige rejsetid for tilslutningsanlægget med bløde trafikanter.

Som det er illustreret på figuren, påvirkes den gennemsnitlige rejsetid af antallet af bløde trafikanter i tilslutningsanlægget. Jo flere både hårde og bløde trafikanter i anlægget, jo længere bliver rejsetiden. Rejsetiden forsøges i gennemsnit med 6 sek, hvis bilmængden er 100 % og antallet af bløde trafikanter øges fra 0 til 150 pr. time. Rejsetiden forøges kraftigt, når tilslutningsanlægget nærmer sig sin kapacitetsgrænse. Ved 200 % forøges rejsetiden med 16 sek, når antallet af bløde trafikanter øges fra 0 til 150 pr. time.

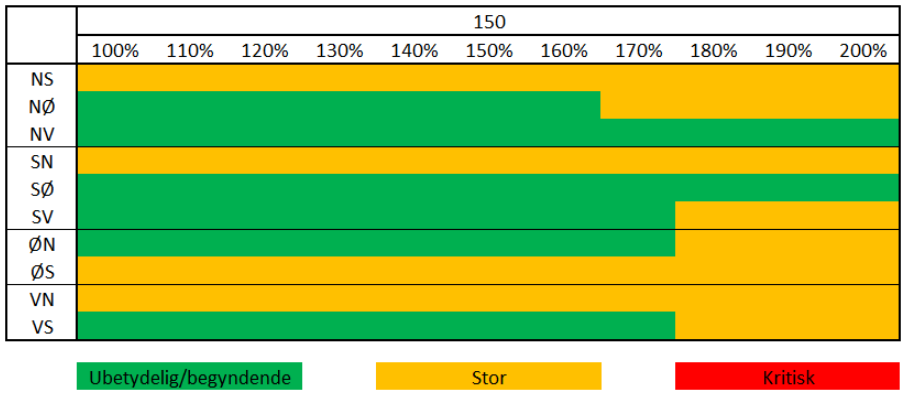
Trængslen for hver rejseretning med de tre forskellige mængder af bløde trafikanter er vist på figur 11.54, 11.55 og 11.56. Ud fra figurerne kan det ses, at rejsetiden stiger i takt med mængden af trafikanter i anlægget.



Figur 11.54: Trængsel for de enkelte rejseretninger med 50 bløde trafikanter pr. time.

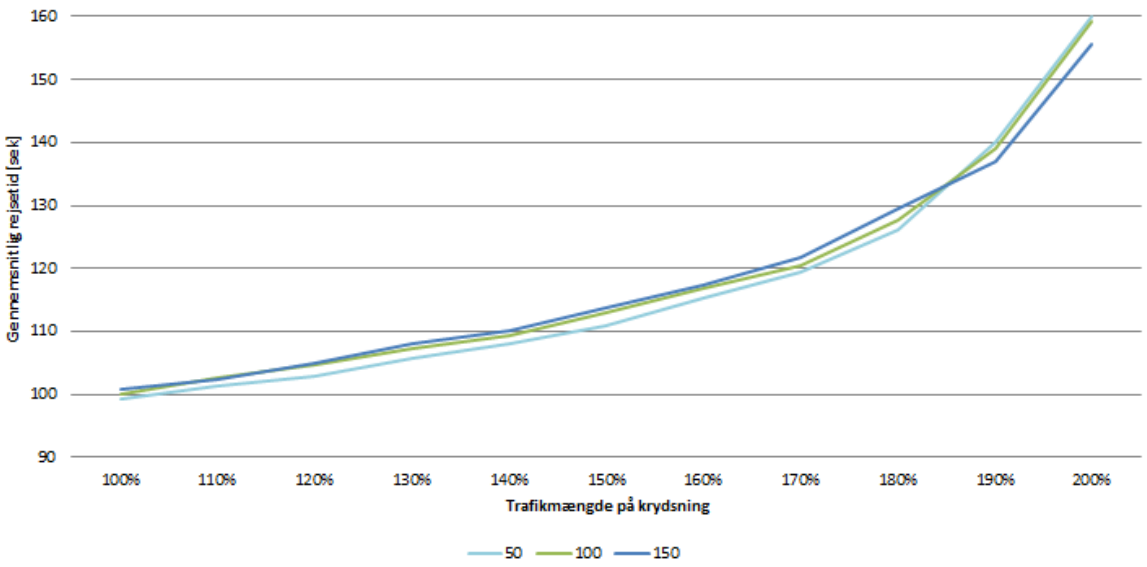


Figur 11.55: Trængsel for de enkelte rejseretninger med 100 bløde trafikanter pr. time.



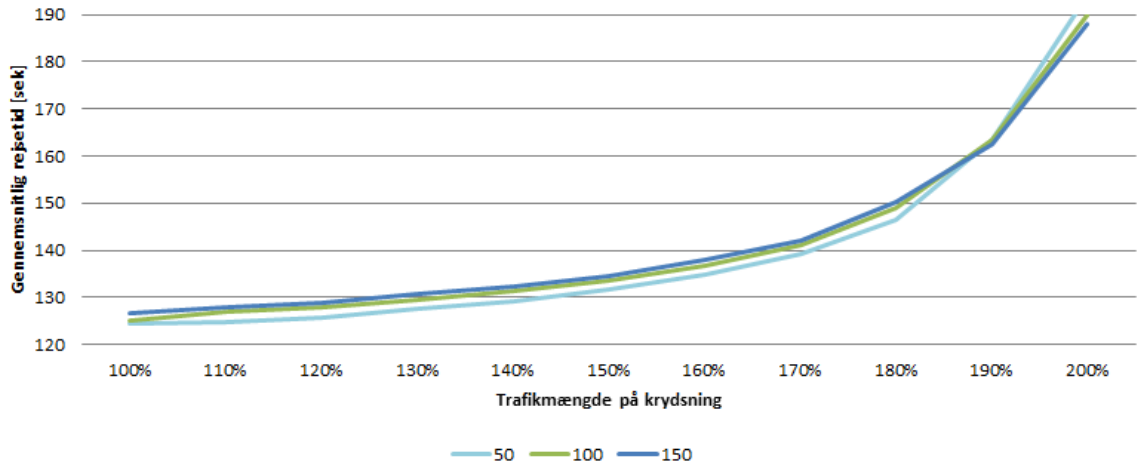
Figur 11.56: Trængsel for de enkelte rejseretninger med 150 bløde trafikanter pr. time.

Rejsetiden for hhv. den nord- og den sydgående retning påvirkes næsten ikke af, at mængden af bløde trafikanter stiger i det dynamiske ruderanlæg, hvilket er illustreret i figur 11.57. Dette skyldes primært, at de bløde trafikanter krydser samtidig med, at køretøjerne har grønt. Fodgængernes grønne fase stopper 7 sek før køretøjernes grønne fase. Det, der påvirker trafikafviklingen i den nord- og sydgående retning mest, er antallet af gange, fodgængere melder ankomst ved anlægget. Mange spredte anmeldelser vil grundet trafikstyringen resultere i tabt grøntid i anlægget.

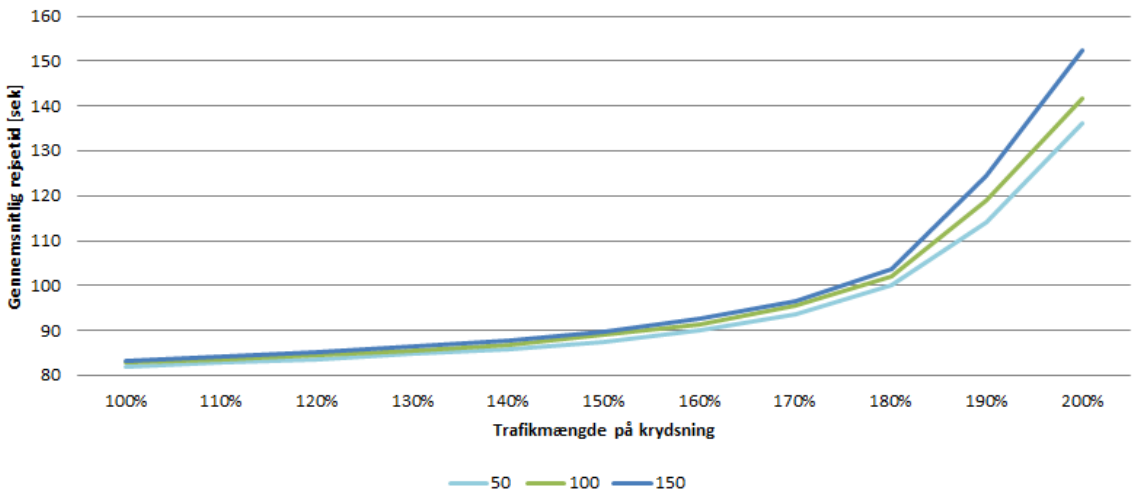


Figur 11.57: Den gennemsnitlige rejsetid for NS med bløde trafikanter.

Rejsetiden på ramperne påvirkes derimod i en højere grad, da der her skiftes til rødt med det samme, der ankommer fodgængere til signalet. For hver anmeldelse vil der forekomme 4 sek gul, 7 sek rød og 2 sek rød/gul. En lille del af gultiden vil blive udnyttet, men der vil som minimum mistes 7 sek effektiv grøntid, hver gang en fodgænger melder ankomst. På figur 11.58 er rejsetiden for retning ØS illustreret. Rejsetiden er tilsvarende for retning NV, VS og SV, og rejsetiden forøges med ca. 3 sek, når antallet af bløde trafikanter øges fra 50 til 150. Rejsetiden i retning ØN er vist på figur 11.59. Der er her den samme tendens som retning ØS. Rejsetiden øges dog betydeligt mere, når antallet af trafikanter stiger. Dette kan tyde på, at kapacitetsgrænsen for denne retning er nået.



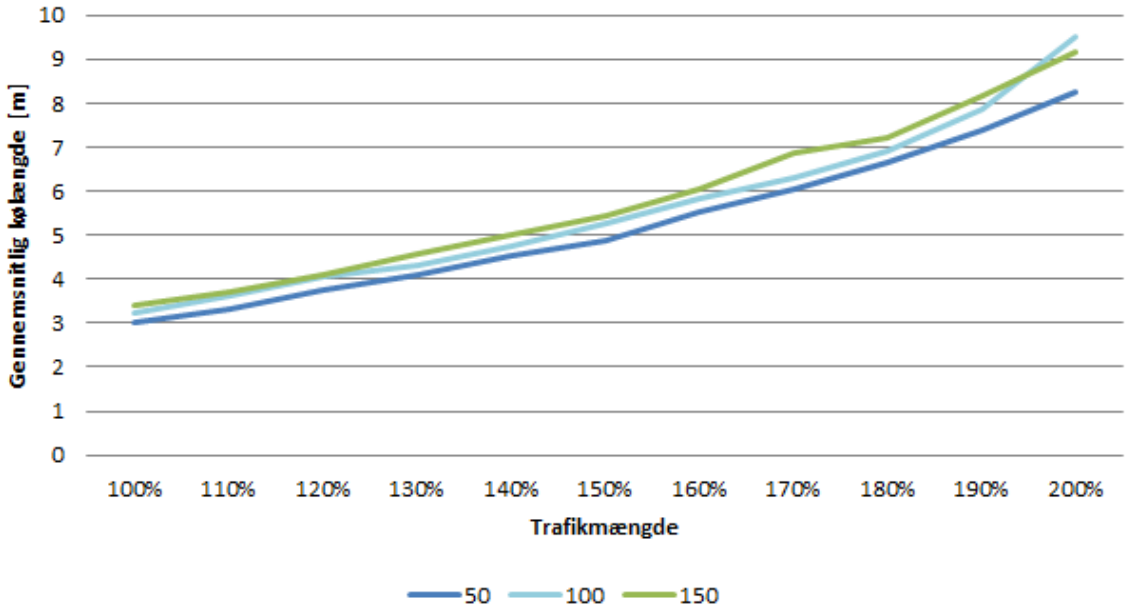
Figur 11.58: Den gennemsnitlige rejsetid for retning ØS med varierende mængde af bløde trafikanter.



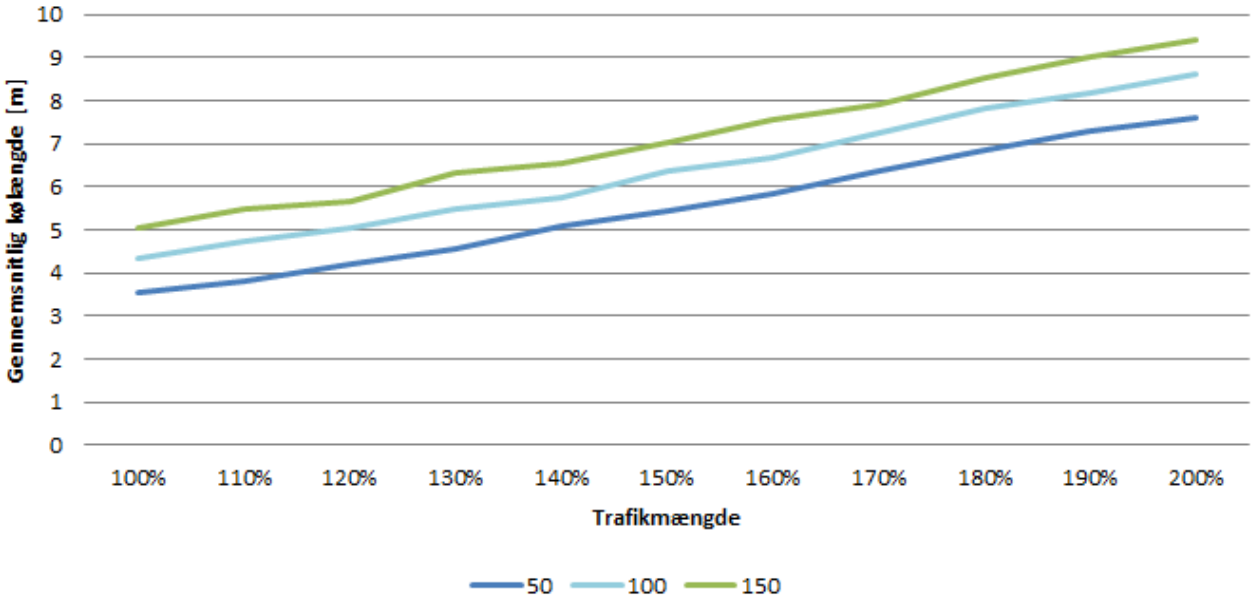
Figur 11.59: Den gennemsnitlige rejsetid for retning ØN med varierende mængde af bløde trafikanter.

11.10.3 Kølængde

Den gennemsnitlige kølængde ved node 300 og 400 i det dynamiske ruderalæg er vist på figur 11.60 og 11.61. Ud fra figurerne kan det aflæses, at antallet af bløde trafikanter i det dynamiske ruderanlæg har en minimal indflydelse på den gennemsnitlige kølængde.

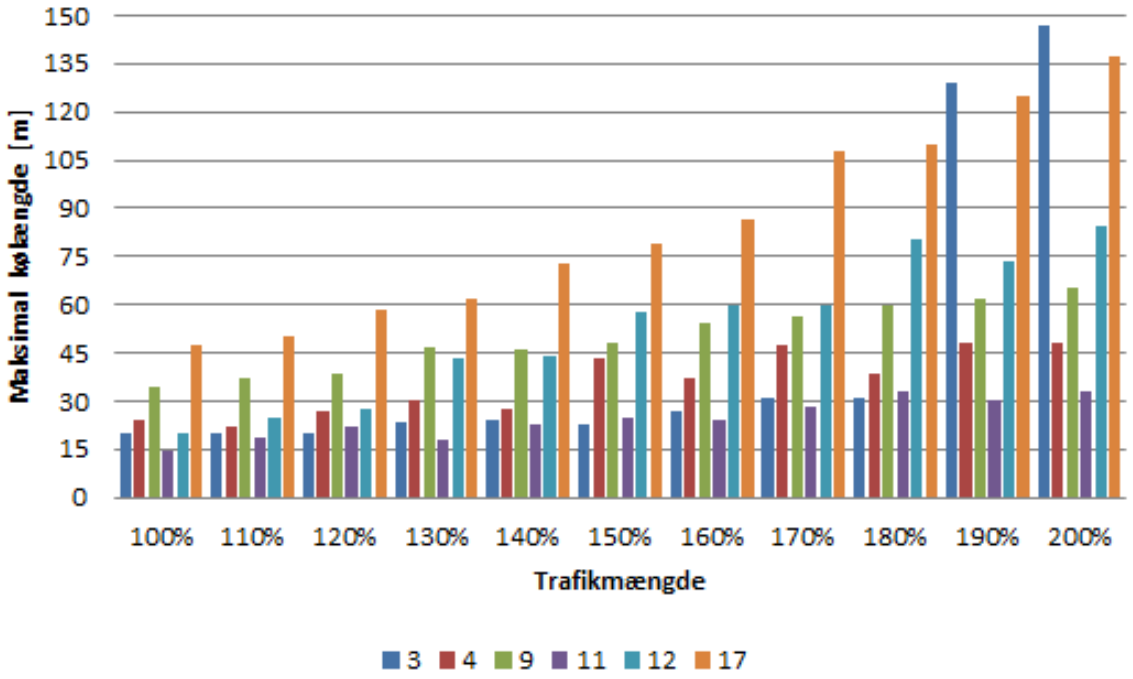


Figur 11.60: Gennemsnitlig kølængde ved node 200.

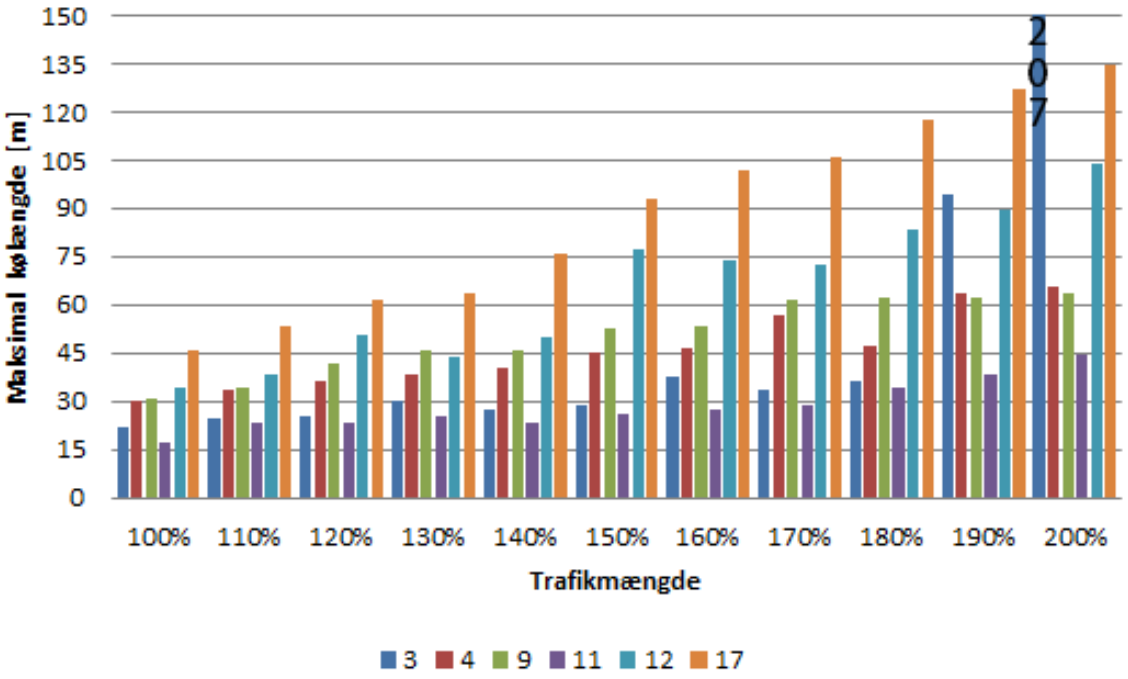


Figur 11.61: Gennemsnitlig kølængde ved node 300.

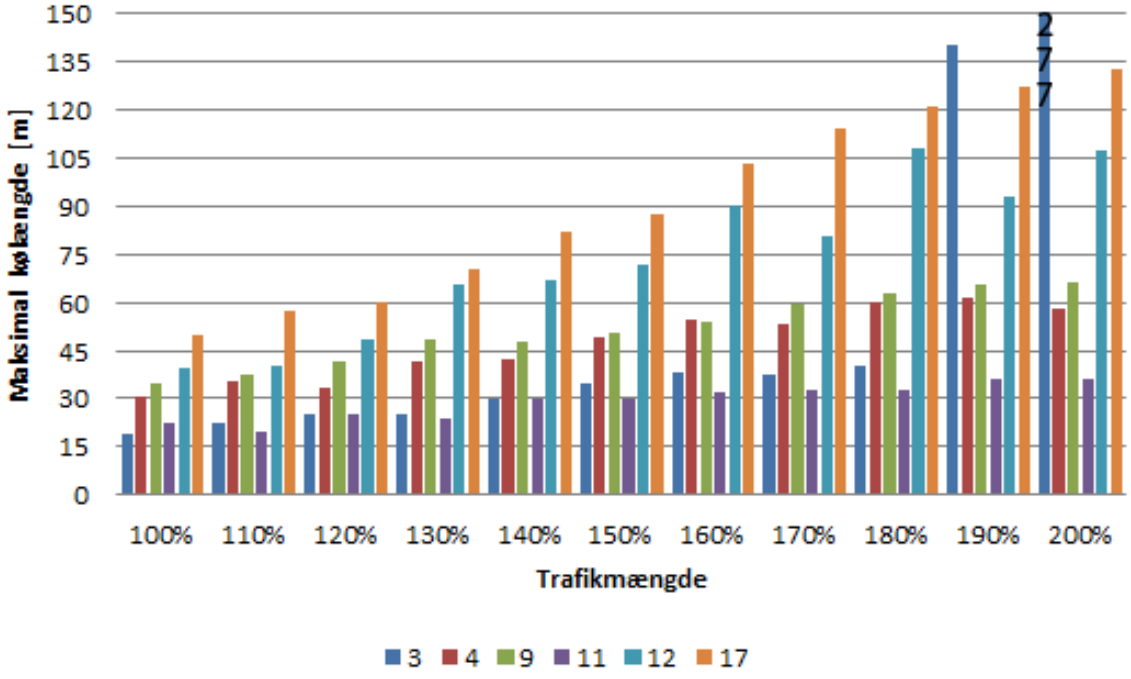
Den maksimale kølængde på ramperne er essentiel ift. tilbagestuvning på motorvejen. Den maksimale kølængde i simuleringerne med bløde trafikanter er vist på figur 11.62, 11.63 og 11.64.



Figur 11.62: Den maksimale kølængde for ekstra nodes i ruderanlægget med 50 bløde trafikanter.



Figur 11.63: Den maksimale kølængde for ekstra nodes i ruderanlægget med 100 bløde trafikanter.



Figur 11.64: Den maksimale kølængde for ekstra nodes i ruderanlægget med 150 bløde trafikanter.

Ud fra figurerne kan det aflæses, at der ikke forekommer kølængder i nærheden af den kritiske kølængde på ramperne. Længden af køerne stiger i takt med antallet af trafikanter.

11.10.4 Opsamling

Det kan konkluderes, at de bløde trafikanter vil påvirke rejsetiden og kølængderne i det dynamiske ruderanlæg. Rejsetiden forlænges i det dynamiske ruderanlæg med et gennemsnit på 6 sek ved en trafikmængde på 100 % og op til 16 sek ved en trafikmængde på 200 %.

11.11 Opsamling af resultater

Det dynamiske ruderanlægs kapacitet er sammenlignet med kapaciteten med det traditionelle ruderanlæg og tilslutningsanlægget med to rundkørsler. Anlægget med rundkørsler kan afvikle ca. 60 % af den nuværende trafikmængde, det traditionelle kan afvikle 100 % og det dynamiske ruderanlæg kan afvikle 160 % inden kapacitetsgrænserne er nået. En varierende retningsfordeling af hhv. ligeudkørende og venstresvingende trafik er undersøgt for begge ruderanlæg. Resultaterne fra analysen viste, at det dynamiske ruderanlæg klart var at foretrække, specielt ved store mængder af svingende trafik. Der opstod afviklingsproblemer i det traditionelle ruderanlæg ved en fordeling på 40 % ligeudkørende og 60 % svingende. Er den ligeudkørende trafik væsentligt større end den svingende, anbefales et traditionelt ruderanlæg, da begge ligeudkørende retninger her kan afvikles på samme tid.

Omløbstiden i det dynamiske ruderanlæg har indvirkning på den generelle trafikafvikling. En høj omløbstid har den bedste udnyttelse af grøntiden over en periode på en time, eftersom der vil forekomme mindre tidstab pga. faseskift. En lang omløbstid har dog konsekvenser for kølængderne i det dynamiske ruderanlæg, hvilket kan bevirke, at det frie venstresving blokeres, hvorved fordelen ved dette tilslutningsanlæg mindskes. Det anbefales derfor, at omløbstiderne i det dynamiske ruderanlæg holdes korte.

Der forekommer store mængder af bløde trafikanter i Danmark, hvorfor deres færden i det dynamiske ruderanlæg er blevet analyseret. Der blev taget udgangspunkt i to placeringer af de bløde trafikanter, hhv. midt i det dynamiske ruderanlæg og i ydersiden af anlægget. Via simuleringer af bløde trafikanter på ydersiden af anlægget kan det konkluderes, at hvis bilisterne skal have vigepligt for fodgængerne i form af signalregulering, vil dette have en stor påvirkning på kapaciteten i det dynamiske ruderanlæg. Dermed vil de store fordele ved netop denne type tilslutningsanlæg forsvinde. Det er specielt tilkørselsramperne fra broen og dermed det frie venstresving, der vil blive påvirket, da dette vil medføre en stor tilbagestuvning af trafik på den tværgående vej mellem hovedsignalerne. Disse ramper bør derfor ikke signalreguleres, hvorved en placering med prioritering af bløde trafikanter i ydersiden ikke kan anbefales. Den indre placering af de bløde trafikanter er desuden simuleret. Her er det kun de yderste ramper, der bliver reguleret via trafikstyrede signalreguleringer, således der kun skiftes fase, når der er bløde trafikanter tilstede. Hovedsignalerne er ligeledes trafikstyret, således der skiftes fase, når der er bløde trafikanter ved signalreguleringen. Disse simuleringer viste, at den gennemsnitlige rejsetid pr. køretøj i det dynamiske ruderanlæg forlænges med ca. 6 sek-16 sek afhængig af trafikmængden i modellen. Det blev desuden undersøgt, hvordan signalanlægget i det dynamiske ruderanlæg bør reguleres - enten tidsstyret eller trafikstyret. Her viste det sig, at kapaciteten for det dynamiske ruderanlæg var betydeligt højere, hvis anlægget reguleres via trafikstyring. Dette til trods for at det ikke var hele tilslutningsanlægget, der blev udstyret med detektorer, men blot den tværgående vej. Trafikstyringen var desuden med til at forbedre trafikafviklingen for den nedprioriterede retning i det dynamiske ruderanlæg. Ud fra denne analyse bør det desuden nævnes, at der ved en trafikstyring af alle retninger i det dynamiske ruderanlæg vil forekomme mange forskellige kombinationer af prioritering af trafikken alt efter hvor den hårdeste belastning forekommer, og derved vil trafikken kunne afvikles favorabelt i mange forskellige situationer.

Det kan ud fra simuleringerne konkluderes, at de bløde trafikanter ikke bør prioriteres i det dynamiske ruderanlæg. Enten bør de bløde trafikanter placeres i yderkanten af det dynamiske ruderanlæg, hvor de bløde trafikanter har vigepligt for bilisterne, ellers skal de ledes udenom det dynamiske ruderanlæg og passere motorvejen i deres eget tracé. Konklusionerne er foretaget på baggrund af, at det dynamiske ruderanlæg fungerer bedst, når der udelukkende skal prioriteres bilister, og anlægget dermed kan fungere som en bilmaskine.

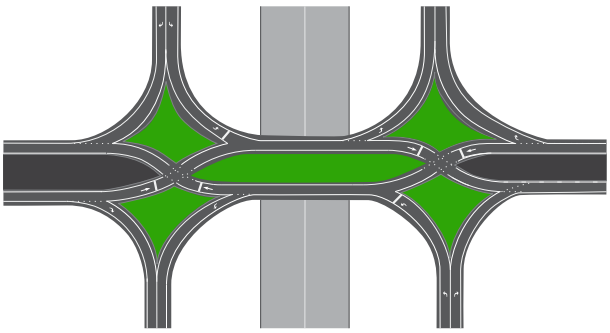
Kapitel 12

Et-sporet dynamisk ruderanlæg

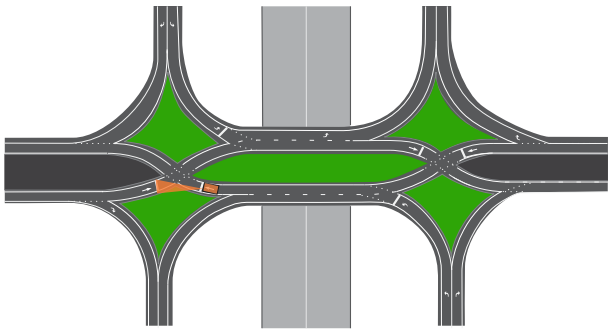
Dynamiske ruderanlæg er på baggrund af litteraturstudiet vurderet til at være mere trafiksikre end traditionelle ruderanlæg. Dette skyldes bl.a. det lavere antal af konfliktpunkter i anlægget og at konflikter ved venstresving er fjernet helt. Dermed er konfliktpunktet med de ofte alvorligste uheld fjernet som beskrevet i kapitel 5 (s. 13). Den øgede trafiksikkerhed ved dynamiske ruderanlæg gør anlægget oplagt som potentiel løsning på trafiksikkerhedsproblemer i forbindelse med tilslutningsanlæg til motorveje. Fordelene, der er fundet gennem litteraturstudiet, ved at anlægge et dynamisk ruderanlæg er bl.a.

- Reducering af konfliktpunkter
- Risikoen for kollisioner ved venstresving fjernes
- Hastigheden gennem anlægget er lavere end ved traditionelle ruderanlæg
- Geometrien mindsker risikoen for spøgelsesbilister

Det ønskes at undersøge, hvordan det dynamiske ruderanlæg kan anvendes som sikkerhedsforanstaltning. Da der findes mange mindre anlæg i Danmark, vil det derfor være relevant at undersøge trafikafviklingen i et anlæg med et kørespor i hver retning. Udformningen af et et-sporet anlæg er illustreret på figur 12.1



Figur 12.1: Illustration af et et-sporet dynamisk ruderanlæg.



Figur 12.2: Illustration af oversigtsforholdene i et et-sporet dynamisk ruderanlæg.

Mindre anlæg vil typisk være traditionelle ruderanlæg med eller uden signalregulering. Ved ombygning til dynamisk ruderanlæg vil det være muligt at bygge anlægget både med regulering gennem signaler, vigepligt eller fuld stop. Der forventes at være de samme sikkerhedsudfordringer og -fordele, som beskrevet i afsnit 8.3 (s. 37). En fordel, der dog udelukkende vil være ved et mindre anlæg, er, at der kun er et kørespor i hver retning. Dette vil gøre oversigten bedre i og med, at der altid vil være frit udsyn og ingen biler til at give dårlige oversigtsforhold, som det er illustreret på figur 12.2.

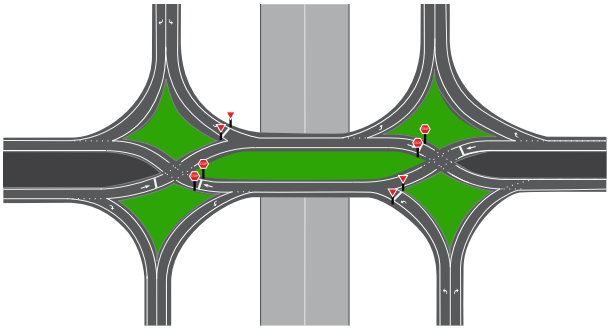
Kapitel 13

Resultater

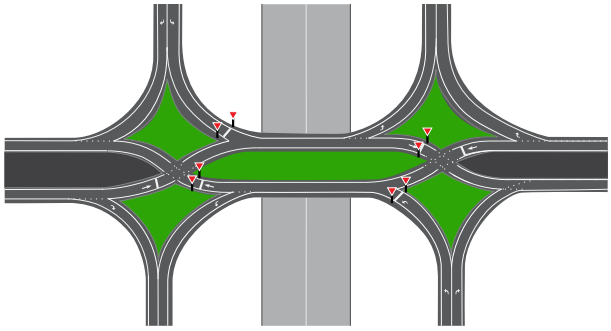
I dette kapitel beskrives udformningerne af de to et-sporede dynamiske ruderanlæg reguleret med hhv. funld stop og vigepligt. Resultaterne af rejsetid, trængsel og kølængde fra simuleringerne er præsenteret og sammenlignet.

Resultaterne for simuleringerne af det et-sporede dynamiske ruderanlæg sammenlignes i dette kapitel med trafikafviklingen i et anlæg med to rundkørsler for at kunne vurdere trafikafviklingen anlæggene imellem. I kapitlet vises et udpluk af resultaterne. Den anvendte trafikmængde i simuleringerne er de samme, som er anvendt i tidligere simuleringer.

For udformningen af det dynamiske ruderanlæg med et kørespor i hver retning opstilles der et scenarie, hvor forskellige udformninger simuleres i VISSIM. Scenarierne undersøges ift. trafikafvikling for at bestemme, inden for hvilken mængde af trafik et et-sporet anlæg vil kunne afvikle trafikken acceptabelt. I begge scenarier simuleres rejsetiden gennem anlægget og kølængder for at kunne analysere udformningerne. Til simuleringerne anvendes trafikmængder i intervallet 307-3072. Dette interval anvendes ved begge udformninger.



Figur 13.1: Et-sporet dynamisk ruderanlæg reguleret med fuld stop.



Figur 13.2: Et-sporet dynamisk ruderanlæg med vigepligtsregulering.

13.1 Regulering via fuld stop

I denne udformning reguleres anlægget via fuld stop som illustreret på figur 13.1. Bilisterne stoppes ved anlæggets anden krydsning, hvor vejbanen krydser tilbage og der køres igen i højre side af vejen.

Formålet med at simulere denne udformning er at bestemme, hvordan trafikafviklingen påvirkes af, at bilisterne tvinges til at stoppe helt ved en krydsning i anlægget.

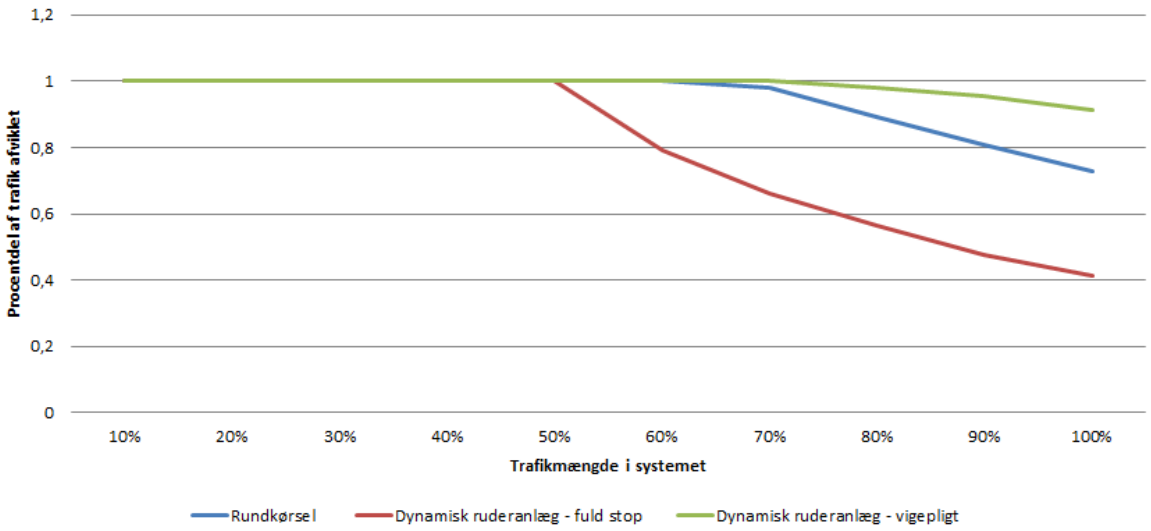
13.2 Vigepligtsregulering

Udformningen med vigepligt ligner i høj grad udformningen med fuld stop. Vigepligterne placeres tilsvarende steder, hvilket er illustreret på figur 13.2.

Formålet med at simulere denne udformning er at bestemme, hvordan trafikafviklingen påvirkes af, at bilisterne har vigepligt. Ift. regulering via fuld stop skal alle bilister ikke stoppe helt ved krydset, hvis der ikke kommer modkørende.

13.3 Trafikafvikling

Den afviklede trafik i simuleringerne er illustreret i figur 13.3 ift. trafikmængden i simuleringerne.



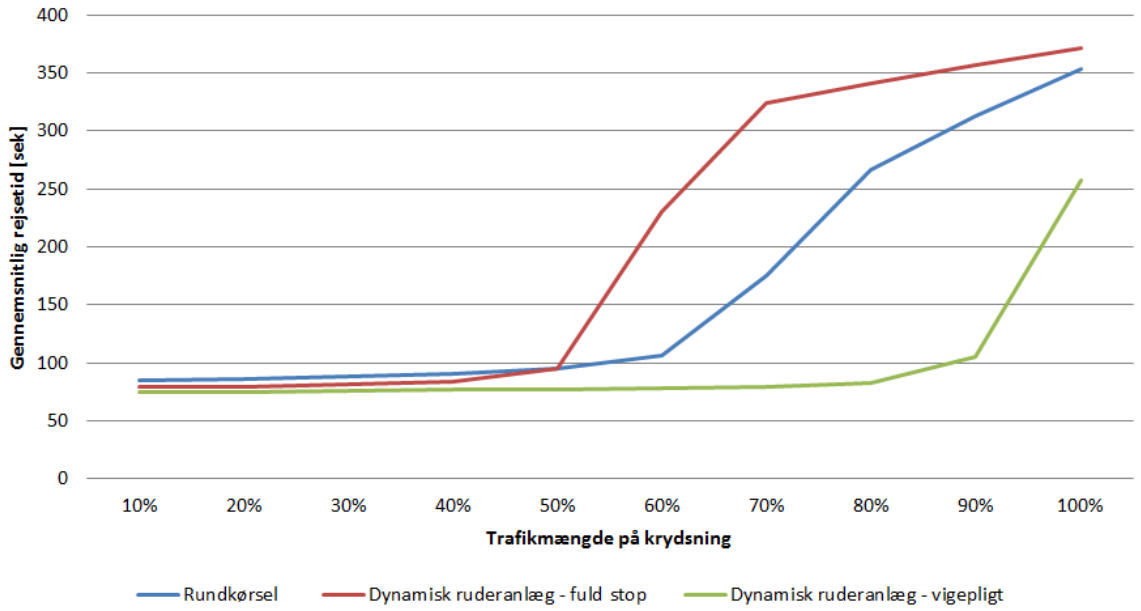
Figur 13.3: Trafikafviklingen i de tre forskellige anlæg simuleret med varierende trafikmængder.

Som illustreret på figuren, opstår der problemer med at afvikle trafikken i det dynamiske ruderanlæg reguleret via fuld stop ved en trafikmængde på 50 % af den nuværende trafik. Ved denne trafikmængde har anlægget opnået kapacitetsgrænsen, og anlægget kan ikke afvikle en større trafikmængde. For anlægget med rundkørsler opnås kapacitetsgrænsen ved 70 % og for det et-sporede dynamiske ruderanlæg opnås grænsen ved en trafikmængde på 80 %.

Det vil derfor ikke være muligt at anlægge nogle af disse udformninger ved tilslutning 52. Dette stemmer overens med, at tiltaget kan anvendes som øget sikkerhedsforanstaltning i anlæg med mindre trafikmængder.

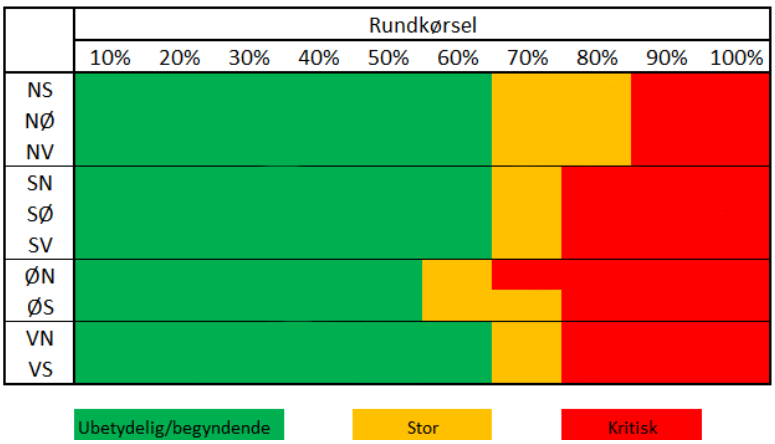
13.4 Rejsetid

Den gennemsnitlige rejsetid gennem anlæggene er illustreret på figur 13.4. Gennemsnittet er beregnet som et gennemsnit af rejsetiden for de forskellige køreretninger.



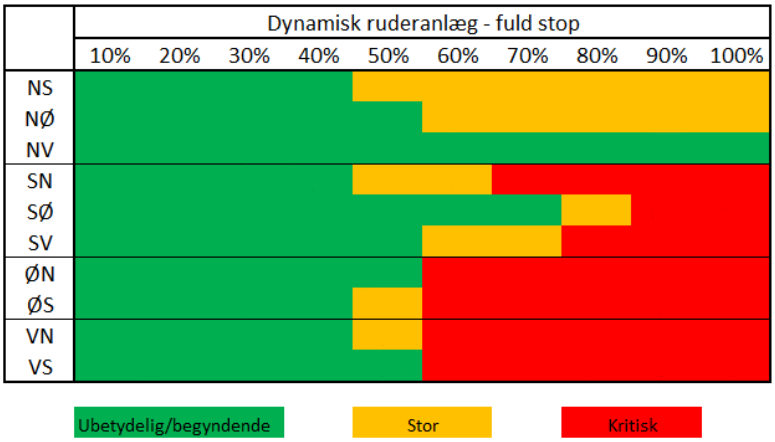
Figur 13.4: Den gennemsnitlige rejsetid gennem de tre forskellige anlæg simuleret med varierende trafikmængder.

Figur 13.4 viser, at rejsetiden i det dynamiske ruderanlæg med fuld stop stiger voldsomt ved en trafikmængde i anlægget på 50%. Dette stemmer overens med, at det netop er ved denne trafikmængde, at kapaciteten af anlægget opnås og trafikken ikke længere kan afvikles. Rejsetiden stiger pludseligt voldsomt, hvilket kan indikere, at der er lange kølængder på broen, hvormed de venstresvingende på tilkørselsrampen og frakørselsrampen blokeres. For anlægget med to rundkørsler stiger rejsetiden ligeledes ved det punkt, hvor kapaciteten opnås. Det dynamiske ruderanlæg med vigepligt er det anlæg, hvor der ved den størst simulerede trafikmængde opnås den gennemsnitligt laveste rejsetid. Med disse resultater må det umiddelbart vurderes, at et dynamisk ruderanlæg afvikler trafikken bedst ved vigepligtsregulering. Rejsetiden i anlægget er yderligere vurderet ift. free flow hastigheden, hvormed trængslen er fundet. Trængslen i anlæggene er illustreret i figurerne 13.5, 13.6 og 13.7.



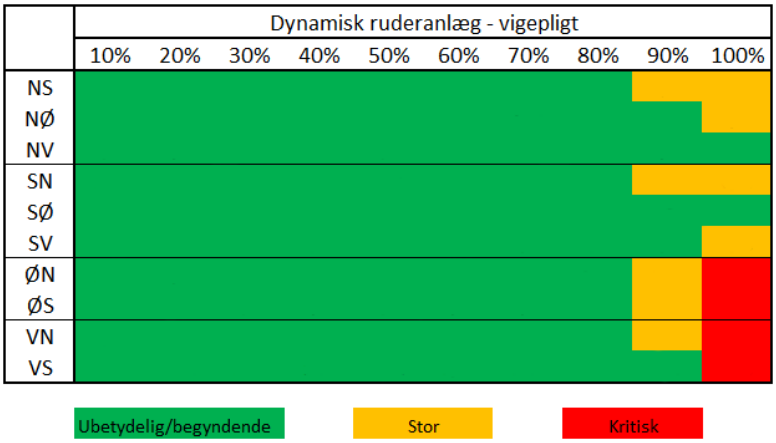
Figur 13.5: Trængsel for hver retning i anlægget med to rundkørsler.

Der er ubetydelig trængsel i rundkørslen indtil trafikmængden på 60%, hvor kapaciteten opnås. Herefter sker sammenbrud i hele anlægget på en gang.



Figur 13.6: Trængsel for hver retning i det dynamiske ruderanlæg med fuld stop.

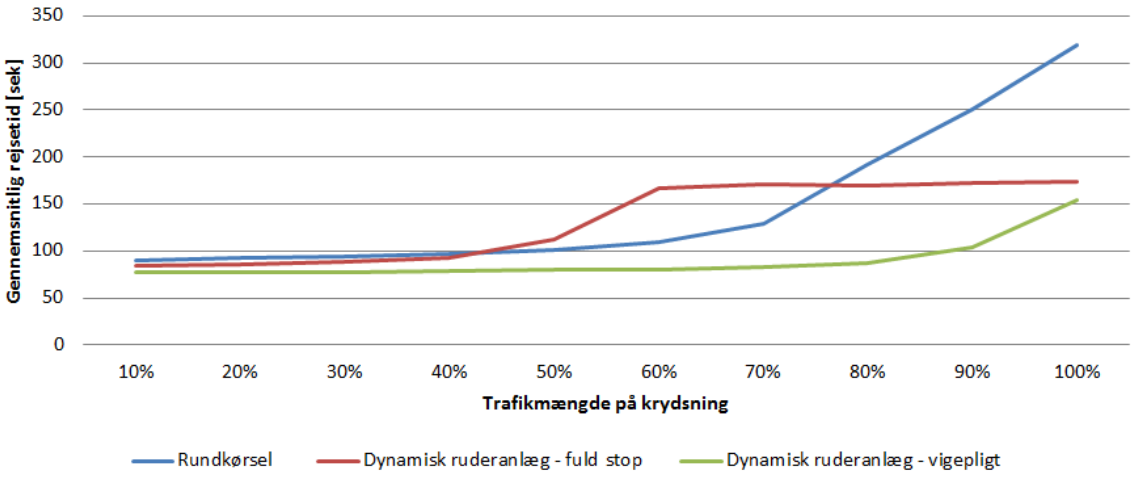
Der opleves kun ubetydelig trængsel i anlægget med fuld stop med en trafikmængde op til 50 %. Herefter er det kun trafikken, der kører direkte på motorvejen, der afvikles med ubetydelig trængsel. De steder, hvor der først opstår kritisk trængsel, er på frakørslerne fra motorvejen. Dette stemmer overens med, at det i krydsene er den tværgående vej, der har prioriteringen. På den tværgående vej opstår der kritisk trængsel i den nordgående retning. Dette skyldes, at der er en større trafikmængde, der kører i den sydgående retning. Da bilerne i den nordgående retning skal stoppe, når trafikken ikke at blive afviklet, hvormed der opstår kritisk trængsel. Efter kapacitetsgrænsen er opnået, er det ikke muligt at foretage korrekte simuleringer i VISSIM, og resultaterne kan ikke forventes at være korrekte, hvormed det ikke er muligt at forklare udslagene i trængslen.



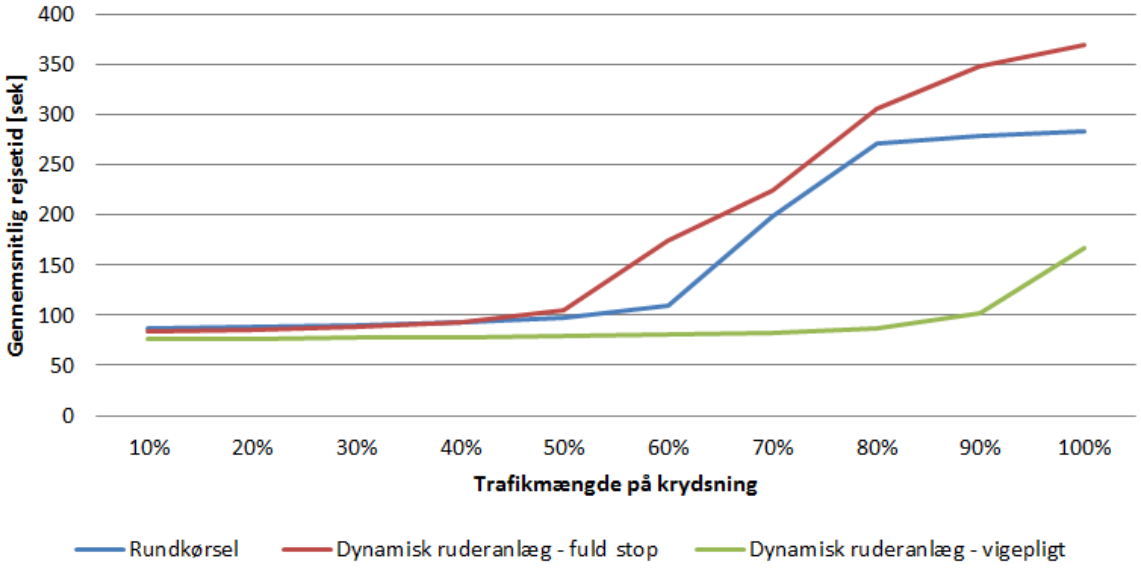
Figur 13.7: Trængsel for hver retning i det dynamiske ruderanlæg med vigepligt.

Ved anlægget, der er reguleret via vigepligt, er der stort set ikke kritisk trængsel i anlægget. Der opstår udelukkende kritisk trængsel på frakørslerne ved afvikling af trafikmængden på 100% og ved en retning for 200%. Anlæggets kapacitet er opnået ved en trafikmængde på 80%, hvor al trafikken i anlægget afvikles. Herefter er det ikke al trafikken, der afvikles. Til trods for dette afvikles trafikken stadig i anlægget, og der forekommer ikke blokader, som der forekom ved rundkørslerne og fuld stop.

Rejsetiden for hhv. trafikken i nord-sydgående og syd-nordgående retning er illustreret på figurerne 13.8 og 13.9



Figur 13.8: Udviklingen i rejsetiden for den nord-sydgående trafik ved en varierende trafikmængde.



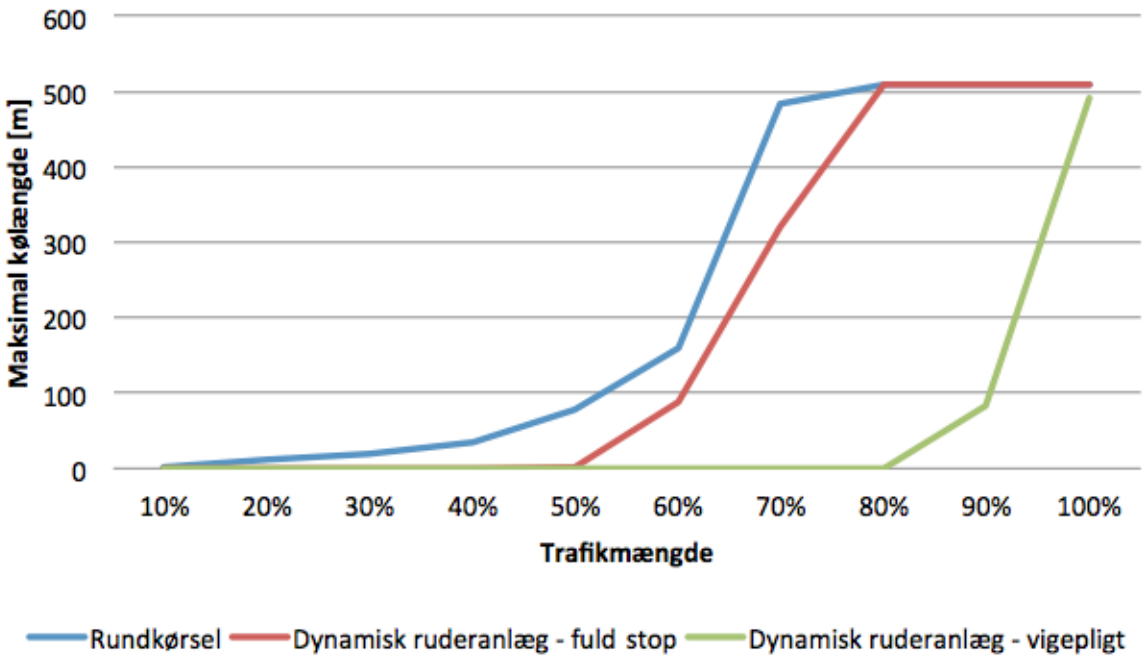
Figur 13.9: Udviklingen i rejsetiden for den syd-nordgående trafik ved en varierende trafikmængde.

Rejsetiden i rundkørslen er ved de fleste simuleringer højere end de to dynamiske ruderanlæg ved den nord-sydgående retning. Det vigepligtsregulerede anlæg har den laveste rejsetid gennem alle simuleringer, men ved 100% nærmer rejsetiden for det vigepligtsregulerede anlæg sig rejsetiden for anlægget med fuld stop. For den syd-nordgående retning er rejsetiden ved det vigepligtsregulerede anlæg væsentligt bedre sammenlignet med de to andre udformninger. Denne retning har færrest trafikanter, men trafikken afvikles stadig i den syd-nordgående retning i det vigepligtsregulerede anlæg som det eneste af de tre udformninger.

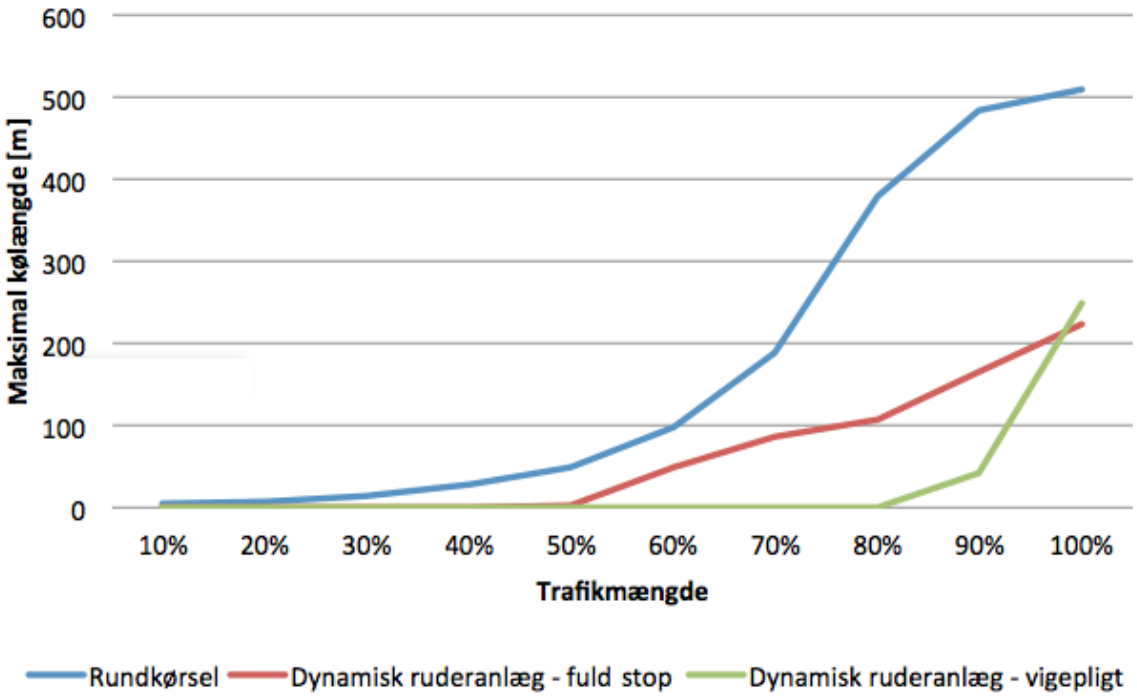
På baggrund af resultaterne for rejsetiden og trængsel viser det dynamiske ruderanlæg med vigepligtsregulering at være det anlæg, der bedst afvikler trafikken med lavest rejsetid og mindst trængsel. Yderligere er dette anlæg også det eneste, der fortsat afvikler trafik, selvom kapaciteten i anlægget er opnået.

13.5 Kølængde

Kølængderne er målt i simuleringerne. Den maksimale kølængde ved node 500 er illustreret på figur 13.10. Trafikken i den nordgående retning afvikles ikke i dette kryds, hvormed der opstår lange kølængder. Ved node 200 afvikles trafikken bedre, hvormed kølængderne ikke bliver af samme størrelse som ved node 500. Kølængderne for node 200 er illustreret på figur 13.11.

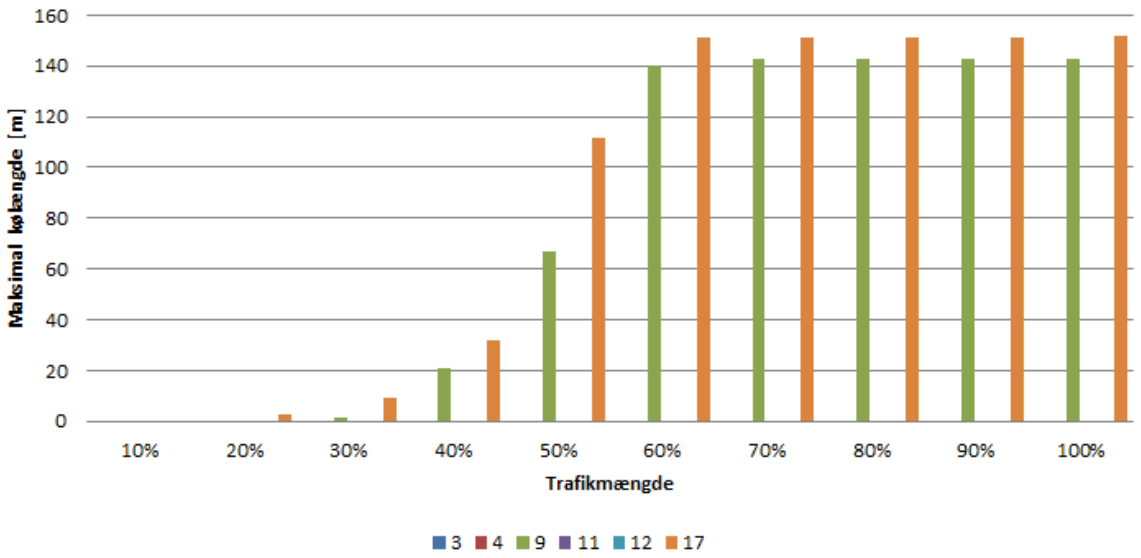


Figur 13.10: Udviklingen i den maksimale kølængde ved node 500.

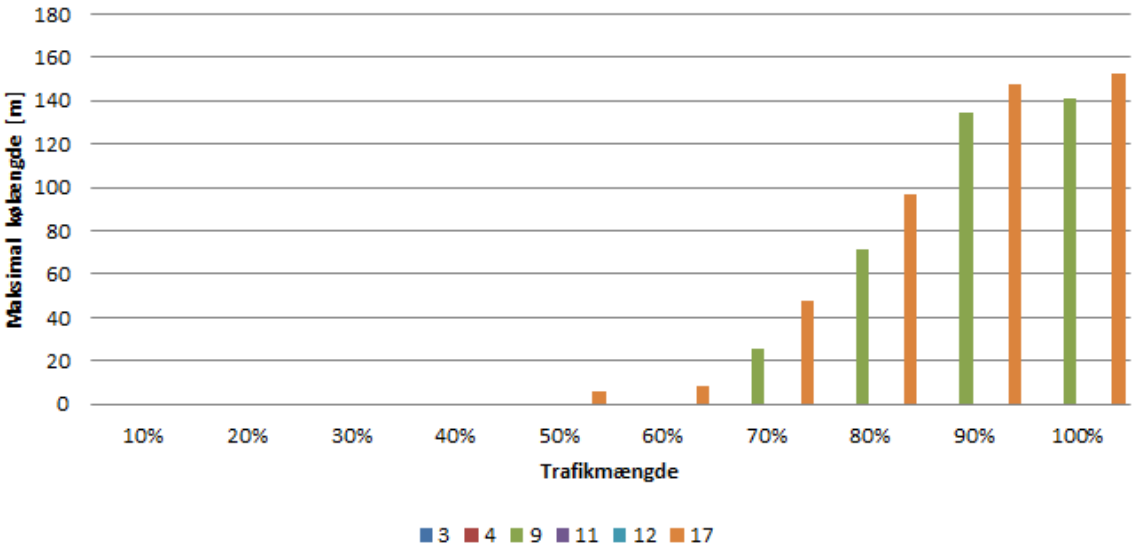


Figur 13.11: Udviklingen i den maksimale kølængde ved node 200.

For de to dynamiske ruderanlæg opstår der væsentligt mere kø ved flere nodes i anlægget, der reguleres ved fuld stop, sammenlignet med det vigepligtsregulerede. De maksimale kølængder er vist på figurerne 13.12 og 13.13.



Figur 13.12: Maksimale kølængder ved ekstra nodes i det dynamiske ruderanlæg med fuld stop.



Figur 13.13: Maksimale kølængder ved ekstra nodes i det vigepligtsregulerede dynamiske ruderanlæg

13.6 Opsamling

På baggrund af simuleringerne vurderes det dynamiske ruderanlæg, der er reguleret via vigepligt, at være det anlæg, der bedst afvikler trafikken. Dette anlæg havde foruden at afvikle den største trafikmængde både de laveste rejsetider, mindst trængsel og er overordnet set det anlæg med mindst kø. Derudover var det muligt fortsat at afvikle trafikken i anlægget, til trods for at kapacitetsgrænsen blev overskredet.

Det var før simuleringerne forventet, at resultaterne fra de dynamiske ruderanlæg ville være nogenlunde ens, dog med en mindre kapacitet i anlægget med fuld stop. Dette har ikke vist sig at være tilfældet, da anlægget med fuld stop var betydeligt ringere end forventet. Trafikafviklingsmæssigt kan denne anlægstype ikke anbefales ved trafikmængder over 80 %-90 % af den nuværende trafikmængde.

Kapitel 14

Mulige placeringer i Danmark

I dette kapitel vil tilslutningsanlæg, der har potentiale for ombygning til dynamisk ruderanlæg, præsenteres. Der tages udgangspunkt i gennemgangen af danske tilslutningsanlæg beskrevet i kapitel 8.1 (s. 33), hvor der er fokus på anlægstype, trafiktal og tilstedeværelse af bløde trafikanter.

Ud fra den foregående analyse, abefales det at tilslutningsanlæggene anvendes i intervallerne vist i tabel 14.1.

Type	Trafikmængde interval [%]	ÅDT [kt]
Rundkørsel	0 - 40	0 - 7500
1-sporet dynamisk ruderanlæg	40 - 80	7500 - 15100
2-sporet dynamisk ruderanlæg	80 - 180	15100 - 34000

Tabel 14.1: Anbefalinger til trafikmængder for de enkelte tilslutningsanlæg.

Ud fra gennemgangen er det fundet, at der er 25 tilslutningsanlæg som ud fra deres ÅDT bør være anlagt som rundkørsler. Der bør dog laves en analyse på disse ift. retningsfordelingen, eftersom det i analysen også blev påvist at rundkørsler kan danne store køer. Anlæggene er markeret på figur 14.1.

Der er 17 tilslutningsanlæg som bør ombygges til et-sporede dynamiske ruderanlæg på baggrund af trafikmængderne. Disse tilslutningsanlæg er illustreret på figur 14.1.

Det to-sporede dynamiske ruderanlæg bør implementeres fire steder i Danmark på baggrund af analysen, disse tilslutningsanlæg er vist på figur 14.1. Der er desuden 70 tilslutningsanlæg i Danmark, hvor der ikke er en trafiktælling på den tværgående vej, det anbefales at der foretages trafiktællinger her, eftersom mange af disse anlæg er traditionelle ruderanlæg, disse bør derfor jf. trafiksikkerhedsteori med fordel kunne ombygges til enten rundkørsler eller dynamiske ruderanlæg afhængigt af årsdøgnstrafikken.

Figur 14.1: Tilslutningsanlæg som med fordel kan ombygges til dynamiske ruderanlæg.

Kapitel 15

Diskussion

Der er gennem litteraturstudiet og analysen flere områder, hvor metode og resultater kan diskuteres. I litteraturstudiet er det primært kilder og datagrundlag, hvor det i analysen hovedsageligt er anvendelsen af VISSIM.

15.1 Litteraturstudie

Litteraturstudiet er baseret på amerikansk litteratur og erfaringer vedrørende det dynamiske ruderanlæg. Det amerikanske trafikbillede ser væsentligt anderledes ud end det danske, hvor der bl.a. er større fokus på bilen som primært transportmiddel i USA. Bilen fylder mere i gadebilledet, og den har en anden prioritering ift. i Danmark, hvilket bl.a. kan ses på udformningen af veje og anlæg. Da bilkulturen er anderledes i USA, vil det ikke nødvendigvis kunne forventes, at der kan opnås tilsvarende effekter ved trafikale tiltag i Danmark. Dog er der en klar tendens til at trafikafviklingen i det dynamiske ruderanlæg er bedre end i det traditionelle ruderanlæg. Ift. dynamiske ruderanlæg er anlægsudformningen stadig relativ ny, og der er derfor kun et begrænset datagrundlag for trafiksikkerheden og vurderinger af anlæggene. Det kan ikke med statistisk sikkerhed siges, at dynamiske ruderanlæg er så trafiksikre, som det angives i litteraturstudiet. Teoretisk set kan der med det smalle datagrundlag være risiko for, at de positive udviklinger i trafiksikkerheden ved ombygning til dynamiske ruderanlæg er stedsspecifikke, hvormed effekten ikke kan tilskrives anlæggets udformning. I forhold til trafiksikkerheden kan det også diskuteres, om dynamiske ruderanlæg reelt er mere trafiksikre, eller om det skyldes, at det nye tilslutningsanlæg er så tilpas anderledes, at trafikanterne endnu ikke har vænnet sig til det, og dermed kører mere forsigtigt gennem anlægget, end de vil gøre det på sigt. Al data peger dog i samme retning, og det må derfor umiddelbart vurderes, at en øget trafiksikkerhed er en tendens og ikke blot et tilfælde.

15.2 Analyse i VISSIM

Analysen er primært baseret på simuleringer i VISSIM. Da alle simuleringer er foretaget i samme simuleringsprogram, må det forventes, at der for alle simuleringerne er de samme simuleringsmæssige fejlkilder ift. virkeligheden. Der er dog programtekniske problemer, der er relevante at diskutere, da de kan have indflydelse på resultaterne. De største fejlkilder, der er observeret ved simulering i VISSIM, er de steder, hvor menneskelig adfærd spiller en væsentlig rolle ift. trafikafviklingen - specielt flettestrækninger og vigepligter.

15.2.1 Flettestrækninger

Sammenfletning er et af de områder, hvor trafikken simuleres mindre korrekt i VISSIM. Dette skyldes bl.a., at trafikanter i områder med sammenfletning generelt ændrer køreadfærd. Denne ændrede køreadfærd er svær at definere korrekt i en simulering, da køreadfærden varierer både geografisk og fra person til person. Der er anvendt værdier for parametre i Wiedemann 74 jf. Leong et al. [2015]. Selvom der angives de bedst mulige værdier, er det ikke sikkert, at trafikanterne forholder sig som antaget i modellen. Flettestrækningen i det nordlige kryds er i flere simuleringer det sted i modellen, hvor der opstår trængsel. Der er en stor trafikmængde, der kører gennem dette kryds fra motorvejen og som svinger mod nord. At det netop er her, der opstår problemer, kan skyldes, at området simuleres

utilstrækkeligt i VISSIM, men det kan også skyldes, at vejbanens kapacitet overskrides. I modellen er vejbanerne opbygget ud fra skitsetegningerne af tilslutningsanlægget ved tilslutning 52 Odense SV. På en relativ kort strækning skal der for det nordgående spor flettes ind efter det dynamiske ruderanlæg og ud igen ved det nærtliggende kryds. Det kan derfor overvejes, om ikke retningen kan udvides med et kørebanespor, således der ikke skal foretages ind- og udfletninger inden for en relativt kort afstand. Dette vil potentielt kunne afhjælpe problemerne med at afvikle trafikken netop her. Dette kan ses på YouTube-klip nr. 7.

15.2.2 Vigepligter

Vigepligt kan tildeles specifikke køreretninger alle de steder, hvor to kørespor krydser eller fletter med hinanden. Ved simuleringer med vigepligt er det dog observeret, at vigepligter ikke overholdes korrekt og at flere biler kører sammen i simuleringen. Denne situation er dermed ikke simuleret korrekt. Der er foretaget simuleringer af anlæg med fuld stop, men resultaterne viser, at det ikke er alle trafikanter, der rent faktisk stopper helt, selvom dette er angivet som parameter i modellen.

15.2.3 Model ift. virkelighed

I modellen er der udelukkende fokus på udformningerne af anlæggene, hvilket betyder, at alle tre anlæg er simuleret som fritstående anlæg. Anlæggene påvirkes udelukkende af den trafik, der ankommer tilfældigt i modellen. I virkeligheden vil dette langt fra altid være tilfældet, og det vil ikke kunne undgås, at trafikafviklingen i tilslutningsanlæggene vil påvirkes af andre nærtliggende anlæg. For det dynamiske ruderanlæg vil signalerne i de fleste tilfælde samordnes med nærtliggende signaler, men da pulsen i et dynamisk ruderanlæg ikke er tilsvarende traditionelle signalregulerede anlæg, vil der kunne opstå komplikationer med trafikafviklingen. Komplikationerne vil kunne opstå, da der i traditionelle anlæg afvikles to køreretninger ad gangen, hvor der i det dynamiske ruderanlæg kun afvikles en retning ad gangen. Dette betyder, at det ikke er muligt at etablere en god samordning med omkringliggende signalanlæg.

15.2.4 Kølængder

Modellen er opbygget således, at det maksimalt er muligt, at der er 500 m kø, mens den kritiske kølængde er 250 m. Dette er anvendt ud fra det faktum, at den kritiske kølængde svarer til længden af tilslutningssporerne. Ved udelukkende at fokusere på tilslutningsanlægget opnås der ikke viden om, hvordan motorvejen påvirkes af trafikafviklingen i tilslutningsanlæggene. Når der opstår kø på tilslutningsramperne, vil det kunne forventes, at trafikanter påbegynder nedbremsningen allerede på motorvejen og ikke først i tilslutningssporet, hvilket vil påvirke trafikafviklingen på motorvejen. Ved videre studier ifm. ombygning af specifikke tilslutningsanlæg vil det være nødvendigt at inkludere motorvejen i modellen for at opnå korrekte simuleringer af trafikafviklingen ifm. det pågældende tilslutningsanlæg. I *Del 2* analyseres anlæggene udelukkende ift. sammenligning af anlægstyper, hvorfor ekskludering af motorvejen accepteres.

15.2.5 Simuleringer med bløde trafikanter

Under simuleringerne, hvor bløde trafikanter inkluderes i anlæggene, opstår afviklingsproblemerne i modellen ikke pga. de bløde trafikanter, men pga. at anlægget ikke kan afvikle trafikken ifm. den nordlige flettestrækning, som netop er blevet nævnt. Det er dermed ikke muligt at opnå resultater for, hvordan det dynamiske ruderanlæg påvirkes af, at der er inkluderet bløde trafikanter i anlægget, da det ikke er dem, der er skyld i, at der sker nedbrud. Dette kunne være simuleret ved at lade linksene i VISSIM forsætte i det uendelige uden at skulle flette, dette er dog ikke gjort.

15.3 Bløde trafikanter

Et stort spørgsmål ift. dynamiske ruderanlæg er, hvordan bløde trafikanter håndteres bedst muligt samt hvordan der både sikres en høj sikkerhed og en god trafikafvikling. Ved ekskludering af alle bløde trafikanter opnås den højeste trafiksikkerhed, og afviklingen af de øvrige trafikanter vil ikke påvirkes. Da dette ikke altid vil være en mulig løsning, kan det være nødvendigt at inkludere de bløde trafikanter i anlægget.

15.3.1 Placering i midten af anlægget

En placering midt i anlægget vil være uvant for både bløde og hårde trafikanter. Ved en placering i midten vil både fodgængere og cyklister skulle krydse trafikstrømme på tværs af shuntspor og i de to store signaler. Ved at placere cyklisterne langs kørebanen opstår der konfliktpunkter, når cyklister skal krydse shuntsporene. Vigepligten skal hermed gives til enten bilister eller cyklister, men ingen af alternativerne foretrækkes. Det forventes, at der vil være store trafiksikkerhedsmæssige problemer forbundet med netop disse punkter og yderligere forringes trafikafviklingen.

15.3.2 Placering i siden af anlægget

Ved at placere de bløde trafikanter på ydersiden af anlægget skal de bløde trafikanter krydse de hårde trafikanters vejbaner fire gange. Der vil dog kun skulle krydses et kørespor ad gangen, og dermed vil bilerne kun komme fra en retning. Ved at placere de bløde trafikanter her, kan vigepligten enten gives til de bløde eller de hårde trafikanter.

Vigepligt tilhører de hårde trafikanter

Ved at give de hårde trafikanter vigepligten f.eks. ved at anlægge cykel- og fodgængerfelt vil de trafikafviklingsmæssige fordele mindskes og dermed forsvinder noget af selve ideen med det dynamiske ruderanlæg. Dette vil ske ved, at det frie højresving forsvinder, og der vil kunne opstå problemer med afviklingen af trafikken på broen, når bilerne skal holde tilbage for fodgængere og cyklister. Dermed vil trafikafviklingen givetvis ikke være tilsvarende anlæg uden vigepligt for bløde trafikanter. Anlægges der fodgænger- og cykelfelter, kan den faktiske trafiksikkerhed diskuteres ift. den opfattede sikkerhed. Ved anlægning cykelfelter er der i andre situationer sket det, at cyklisterne er blevet mindre opmærksomme på de hårde trafikanter. Dette vil især i dynamiske ruderanlæg være meget negativt, da det kan forventes, at bilisterne påbegynder accelerationen, inden de er nået ud på den faktiske tilkørselsrampe. Det vil dermed kunne skabe endnu farligere situationer, end når de bløde trafikanter er meget opmærksomme på de øvrige trafikanter, som f.eks. hvis vigepligten tilhører de bløde trafikanter.

Vigepligt tilhører de bløde trafikanter

Ved at give vigepligten til de bløde trafikanter, de fire steder hvor kørebanerne krydses, er det muligt at sikre den høje trafikafvikling i et dynamisk ruderanlæg. Da denne parameter er meget relevant for netop at vælge denne type anlæg, vil det være selvmodsigende at give de hårde trafikanter vigepligten. Ved at give vigepligten til de bløde trafikanter nedprioriteres deres færden gennem anlægget til fordel for bilernes fremkommelighed. Dette vil være imod det generelle ønske om opprioritering af cyklisme. Der er dog alligevel flere af de nuværende tilslutningsanlæg i Danmark, hvor det ses, at det netop er de bløde trafikanter, der har vigepligten, hvorfor det vil være naturligt at bevare denne regulering.

Kapitel 16

Perspektivering

Trafiksikkerhed

I rapporten er trafiksikkerheden udelukkende analyseret teoretisk. Der kan med fordel laves et studie, hvor uheldsforekomster i tilslutningsanlæggene før og efter ombygning til dynamisk ruderanlæg analyseres, hvormed der kan bestemmes en uheldsfrekvens for det dynamiske ruderanlæg. I litteraturstudiet blev det omtalt, at der var lavet et-års-analyser ift. uheldsforekomster i det dynamiske ruderanlæg. Inden for den kommende årrække bør der være ny tilgængelig uheldsdata fra lokaliteter med dynamiske ruderanlæg i USA, således det er muligt at lave mere statistisk sikre analyser. Der anvendes normalt en undersøgelsesperiode på 5 år. Den faktiske trafiksikkerhed i anlægget vil dog også kunne findes ud fra et konfliktstudie af anlægget efter opførelsen. Dermed undgås undersøgelsesperioden på 5 år, og det er muligt at bestemme trafiksikkerheden som "her og nu"trafiksikkerhed. Herunder vil det også være muligt, at undersøge den oplevede trafiksikkerhed gennem spørgeskemaundersøgelser. Derefter vil det yderligere være muligt at undersøge, om der er en forskel på den faktisk og den oplevede trafiksikkerhed. Det kan yderligere være en mulighed, at der i trafiksikkerhedsanalysen fokuseres på trafikanters adfærd ift. anlæggets geometriske udformning. Dermed kan det bl.a. være muligt at opnå viden om, hvor den bedste placering af bløde trafikanter er, og om anlægget vil kunne styres via vigepligt på ramperne. Der bør i forhold til bløde trafikanter foretages en undersøgelse af, hvordan det føles som blød trafikant at bevæge sig gennem et dynamisk ruderanlæg, herunder specielt ifm. at skulle krydse tilkørselsramperne, hvor vigepligten er ved de bløde trafikanter. Det vil her være muligt at inddrage viden og erfaringer fra USA, eftersom netop denne udformning anvendes ved flere amerikanske dynamiske ruderanlæg.

Trafikantens oplevelse

Da der i det dynamiske ruderanlæg forekommer kortvarigt venstrekørsel mellem de to signaler, skiller dette anlæg sig markant ud fra andre tilslutningsanlæg. Der er ikke bygget noget lignende før i Danmark, og venstrekørslen kan medføre utryghed for trafikanterne i tilslutningsanlægget. Udformningen vil være uvant for trafikanten, og der vil med fordel kunne foretages et studie, hvor trafikanternes oplevelse med de nye aspekter ift. dynamiske ruderanlæg undersøges. Aspekterne i undersøgelsen vil f.eks. kunne være tryghed, den oplevede trafiksikkerhed og -afvikling.

Samordning af nærtliggende signaler

I rapporten er der udelukkende fokus på trafikafviklingen i det dynamiske ruderanlæg. Da sådanne anlæg især i bynære områder sjældent vil blive placeret langt fra andre anlæg, vil det være relevant at undersøge, hvordan og om det kan være muligt at samordne signalerne i det dynamiske ruderanlæg med andre signaler. Koordinering af signalgruppeplaner og distancerne mellem dynamiske ruderanlæg og nærtliggende anlæg bør analyseres for at sikre den bedst mulige trafikafvikling. Der er ved trafikstyring af det dynamiske ruderanlæg mulighed for, at udarbejde en signalplan, hvor der prioriteres netop de relevante retninger. Der findes mange sammensætningsmuligheder, som ikke er beskrevet i denne rapport, men som det vil være værd at undersøge.

VISSIM

I VISSIM simuleres flettestrækninger ikke korrekt, og der kan derfor være et yderst relevant studie i undersøgelsen af, hvordan flettestrækningen kan opbygges i VISSIM, således det er muligt at simulere flettestrækning og få reelle resultater - selv ved store trafikmængder. Der bør derudover også undersøges det enkelte køretøjspositionering i flettestrækningen, således situationer som det blev illustreret i YouTube klin nr. 7 undgås. Der findes en andre simulerings programmer, såsom Sumo og Synchro, det kan undersøges om nogle af disse programmer simulerer flettestrækninger bedre end VISSIM.

Kapitel 17

Konklusion

I rapporten har det været hensigten at undersøge en ny type tilslutningsanlæg for at imødekomme de udfordringer der er ifm. trafikafvikling i tilslutningsanlæg ved motorveje. Den nye type anlæg, dynamisk ruderanlæg, er hermed analyseret på baggrund af litteraturstudiet og simuleringerne.

Gennem litteraturstudiet er den fysiske udformning af dynamiske ruderanlæg belyst, og det er blevet gjort klart, at den geometriske udformning af anlægget spiller en stor rolle for både trafikafvikling og trafiksikkerhed. Ifølge litteraturstudiet spiller den korrekte geometriske udformning en stor rolle både ifm. at sikre, at der er gode oversigtsforhold, at hastighederne gennem anlægget holdes relativt lave og generel trafiksikkerhed. Analyser af trafiksikkerheden efter ombygning til dynamisk ruderanlæg viser, at antallet af uheld i alle tilfælde er faldet, hvormed trafiksikkerheden er steget. På baggrund af litteraturstudiet anses det ikke problematisk at inkludere bløde trafikanter i det dynamiske ruderanlæg. Det kan konkluderes, at trafiksikkerheden forbedres ved ombygning fra traditionelt til dynamisk ruderanlæg på baggrund af korrekt geometrisk udformning, skiltning og ved reduceringen af konfliktpunkter fra 26 punkter til 14 punkter. Litteraturstudiet er baseret på erfaringer og forskning fra USA, og det kan på baggrund heraf konkluderes, at dynamiske ruderanlæg med de mange trafikale fordele kan være en brugbar løsning. For at undersøge om det dynamiske ruderanlæg vil være anvendelig i en dansk kontekst, foretages der en analyse funderet dels i litteraturstudiet og dels i danske trafikvilkår.

Dynamiske ruderanlæg er analyseret gennem simuleringer og sammenlignet med et traditionelt ruderanlæg og et tilslutningsanlæg med to rundkørsler. Gennem simuleringerne er der opnået resultater for hhv. trafikafvikling, rejsetiden gennem anlægget, trængsel og kødannelse ved flere forskellige opsatte scenarier. I det dynamiske ruderanlæg kan der hen over broen afvikles ca. 300 % mere trafik i spidstimen end anlægget med to rundkørsler, og der kan afvikles ca. 60 % mere end i det traditionelle ruderanlæg. Derudover kan der afvikles store mængder af svingende trafik i det dynamiske ruderanlæg. På baggrund af simuleringerne kan det konkluderes, at trafikken overordnet set afvikles bedst i det dynamiske ruderanlæg.

Undersøgelsen har fundet frem til, at den bedste måde at placere bløde trafikanter i det dynamiske ruderanlæg er ved, at de placeres på ydersiden af anlægget og tildeles vigepligten. Ved denne løsning påvirkes trafikafviklingen ikke, hvilket er yderst essentielt, da netop trafikafvikling er denne type anlægs store force. Det anbefales dog, at de bløde trafikanter separeres fra anlægget og placeres på egen bro, hvilket også vil være den mest trafiksikre løsning.

Et dynamisk ruderanlæg kan klart anbefales som tilslutningsanlæg de steder, hvor der er trafikafviklingsmæssige problemer. Grundet de mange muligheder for prioritering af trafikafviklingen ved trafikstyring af signalerne kan anlægget ligeledes anvendes steder med meget varierende trafik. Et et-sporet anlæg kan teoretisk set anbefales som trafiksikkerhedsforanstaltning, da sikkerheden forventes større i denne type anlæg og trafikafviklingen er stadig høj - også i anlæg der ikke er signalreguleret.

Der er i Danmark 21 steder, hvor ombygning til et dynamisk ruderanlæg kan være en potentiel løsning både ift. trafikafviklingsproblemer og som trafiksikkerhedsforanstaltning.

Kapitel 18

Litteraturliste

Anderson, M., Sarde, K., Khan, T., and Jones, S. (2015). Simulation model of diverging diamond interchange for Alabama. International Journal of Modelling and Simulation, 6203(August).

Anderson, M., Schroer, B., and Moeller, D. (2012). Analyzing the diverging diamond interchange using discrete event simulation. Modelling and Simulation in Engineering, 2012.

ATS/American (2014). The Diverging Diamond Interchange Website.

Bared, J. (2009). Double Crossover Diamond Interchange. FHWA Publication, (202):1–4.

Center for Trafik og Transportforskning - DTU (2014). Pendling i Danmark. pages 9–10.

Chilukuri, V., Siromaskul, S., Trueblood, M., and Ryan, T. (2011). Diverging Diamond Interchange Performance Evaluation. Technical Report February.

Edara, P., Sun, C., Claros, B. R., and Brown, H. (2015). Safety Evaluation of Diverging Diamond Interchanges in Missouri. Missouri Department of Transportation.

Guide, U., Diamond, D., and June, I. (2014). DDI Guideline. Technical Report July 2013.

Inman, V. W., Williams, W., Cartwright, C., Wallick, B., Chou, P., and Baumgartner, M. (2007). Drivers ' Evaluation of the Diverging Diamond Interchange. The Federal Highway Administration, page 12.

Jakobsen, L. H. and Knudsen, K. D. (2013). Ny og revolutionerende detektering af køretøjer og cyklister.

Lauritzen, A. (2013). Signalregulerede kryds.

Leong, L. V., Mahdi, M. B., and Chin, K. K. (2015). Microscopic Simulation on the Design and Operational Performance of Diverging Diamond Interchange. Transportation Research Procedia, 6(June 2014):198–212.

Maji, A., Mishra, S., Jha, M. K., and Asce, M. (2013). Diverging Diamond Interchange Analysis: Planning Tool. Journal of Transportation Engineering, 139(12):1201–1210.

Missouri Department of Transportation (2010). Missouri's Experience with a Diverging Diamond Lessons Learned. Technical report, Missouri Department of Transportation.

Poulsen, L. J., Jensen, J. G., Mathiassen, P., Borges, P., Schelling, A., and Sørensen, H. (2012a). Toplanskryds i åbent land.

Poulsen, L. J., Jensen, J. G., Mathiassen, P., Borges, P., Schelling, A., and Sørensen, H. (2012b). Tracéring i åbent land.

Schroeder, B., Cunningham, C., Ray, B., Daleiden, A., Jenior, P., and Knudsen, J. (2014). Diverging Diamond Interchange. Technical Report August.

Tobergte, D. R. and Curtis, S. (2013). Traffic Engineering, volume 53.

Vejdirektoratet (1998). Vejregler for vejes geometri under og over broer.pdf. (01):1–5.

Vejdirektoratet (2012). Grundlag for udformning af trafikarealer. Technical report.

Vejdirektoratet, Center for Trafik og Transportforskning - DTU, and COWI A/S (2004). Projekt Trængsel. (August).

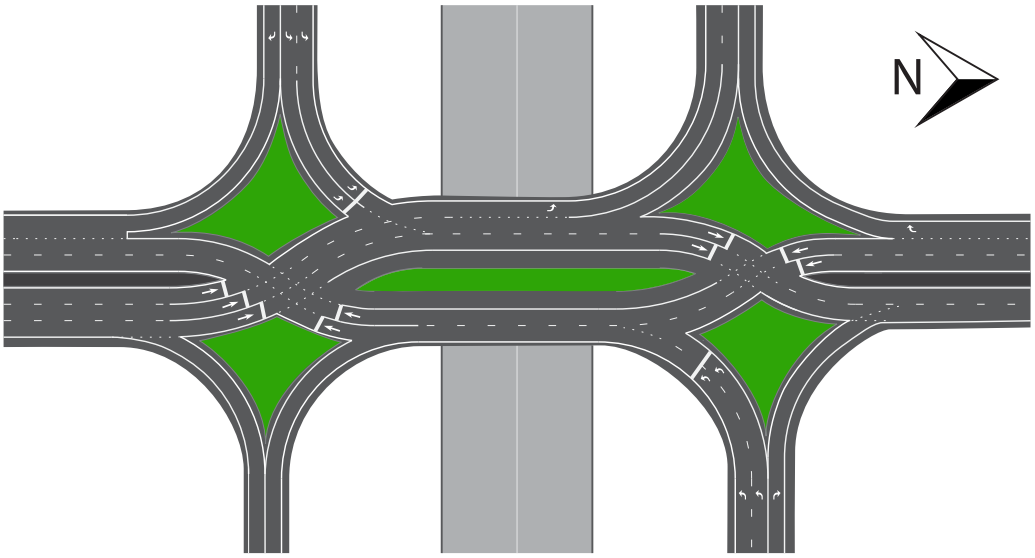
Vejregelgruppen (2010). Anvendelse af mikro- simuleringsmodeller. page 84.

Yang, X., Chang, G.-L., and Rahwanji, S. (2015). Development of Performance Matrices for Evaluating Innovative Intersections and. American Society of Civil Engineers, (September).

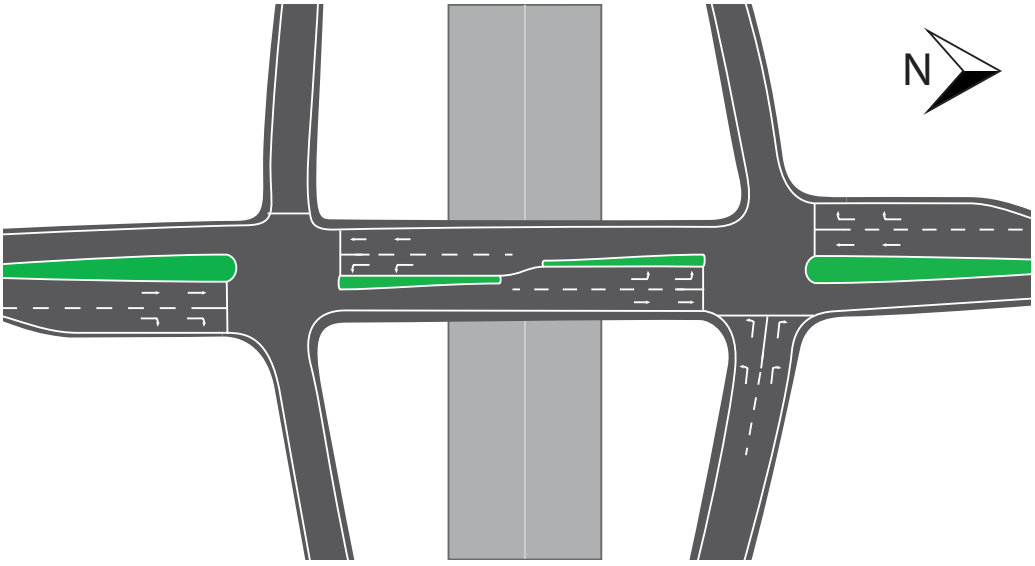
Bilag A

Basisfigurer

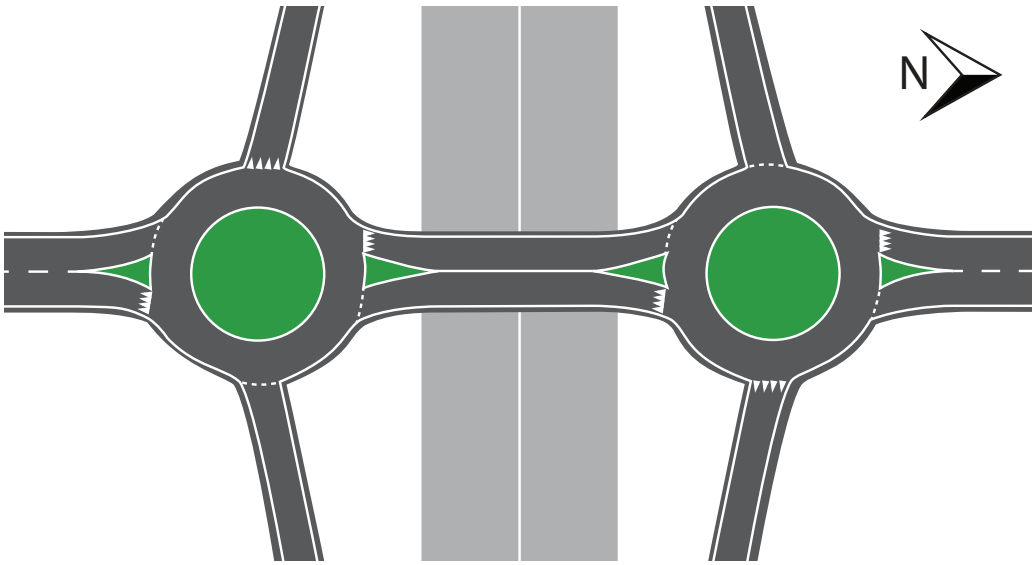
Basisfigurerne anvendes gennem hele rapporten. I *Del 2* beskrives trafikstrømme ud fra bestemte retninger. Figurerne herunder er derfor angivet med en nordpil.



Figur A.1: Dynamisk ruderanlæg.



Figur A.2: Traditionelt ruderanlæg.

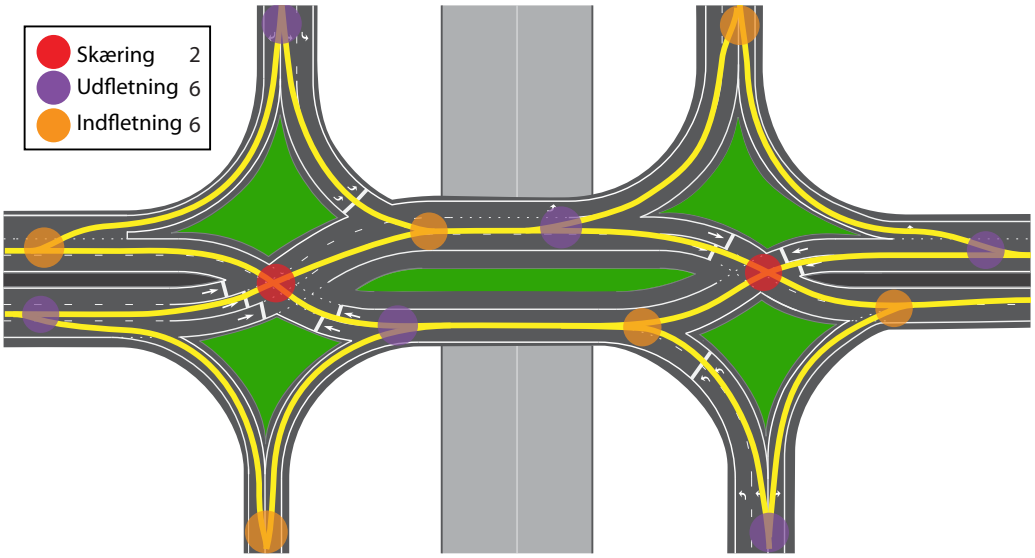


Figur A.3: Tilslutningsanlæg med to rundkørsler.

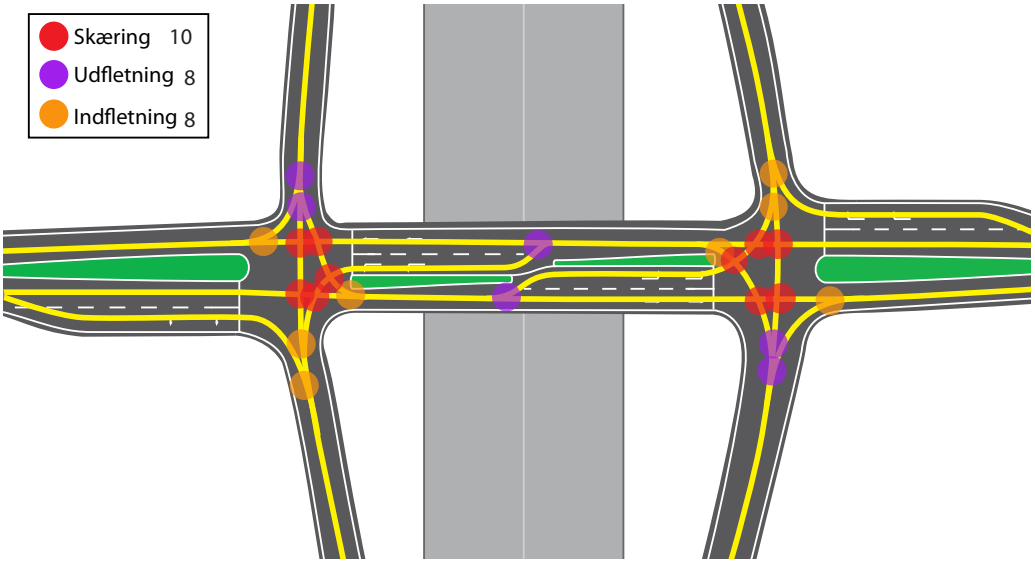
Bilag B

Trafiksikkerhed

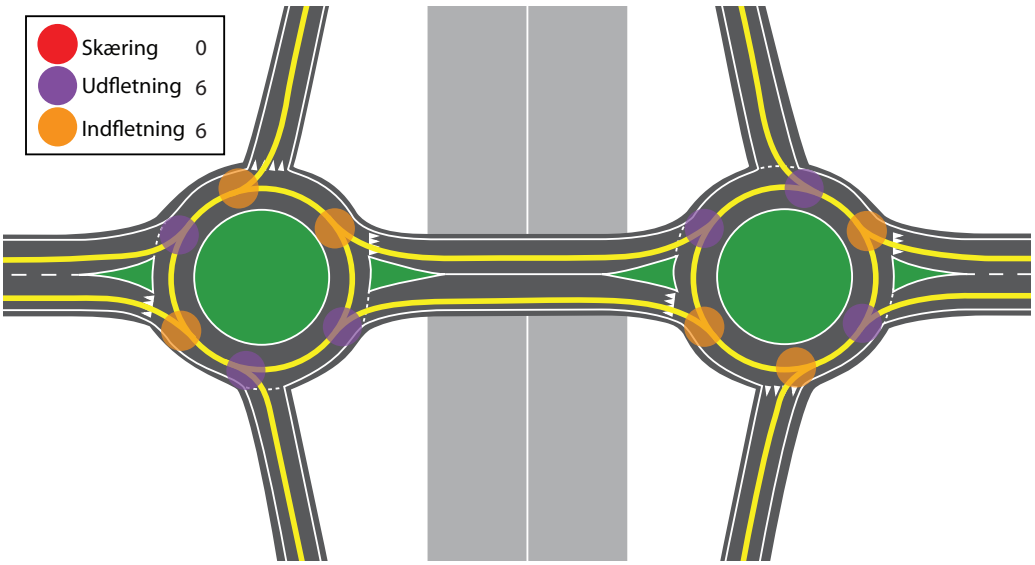
Konfliktpunkter ifm. dynamiske og traditionelle ruderanlæg og anlæg med to rundkørsler.



Figur B.1: Konfliktpunkter ifm. et dynamisk ruderanlæg.



Figur B.2: Konfliktpunkter ifm. et traditionelt ruderanlæg.



Figur B.3: Konfliktpunkter ifm. et tilslutningsanlæg med to rundkørsler.

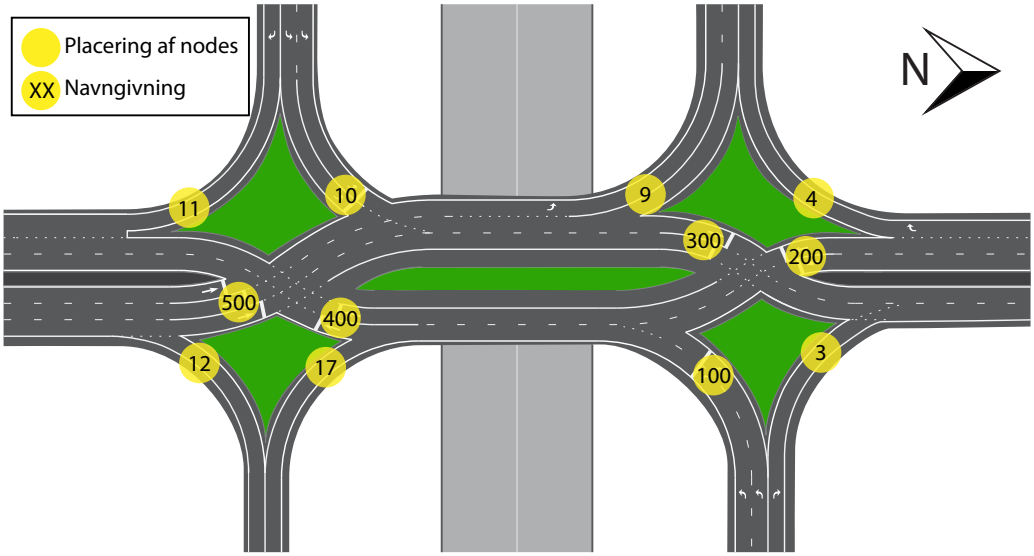
Bilag C

VISSIM-simulering

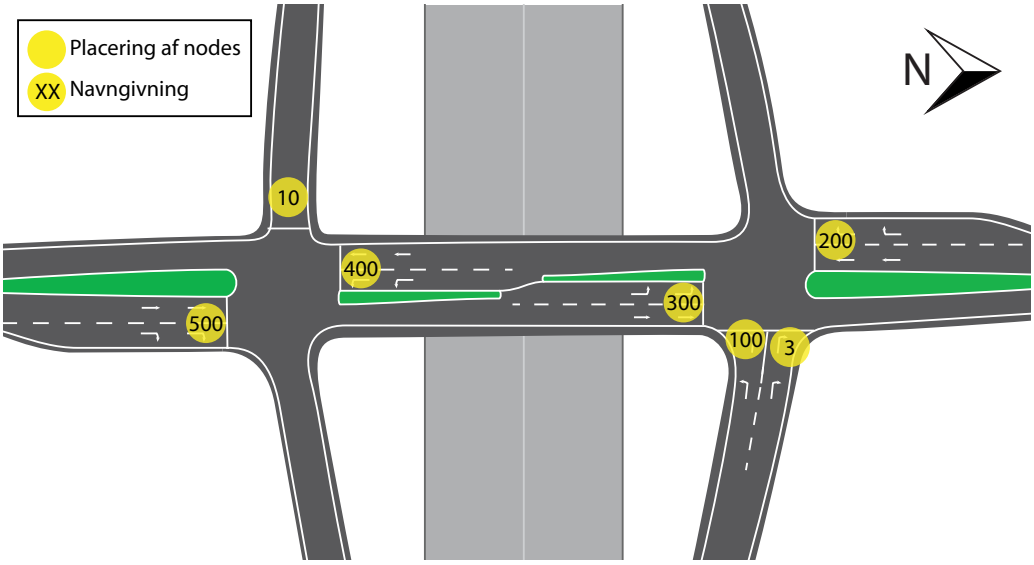
Figurer og beregninger anvendt i simuleringerne er i dette bilag.

C.1 Metode

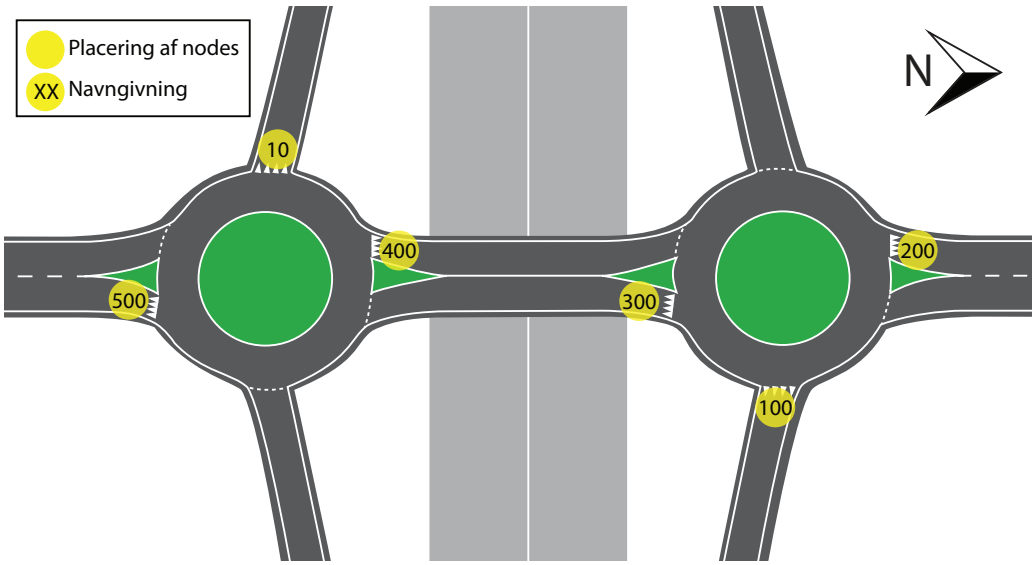
Der anvendes nodes i simuleringerne i VISSIM. Placeringen af de enkelte nodes er illustreret på figur C.1, C.2 og C.3.



Figur C.1: Nodes i et dynamisk ruderanlæg.

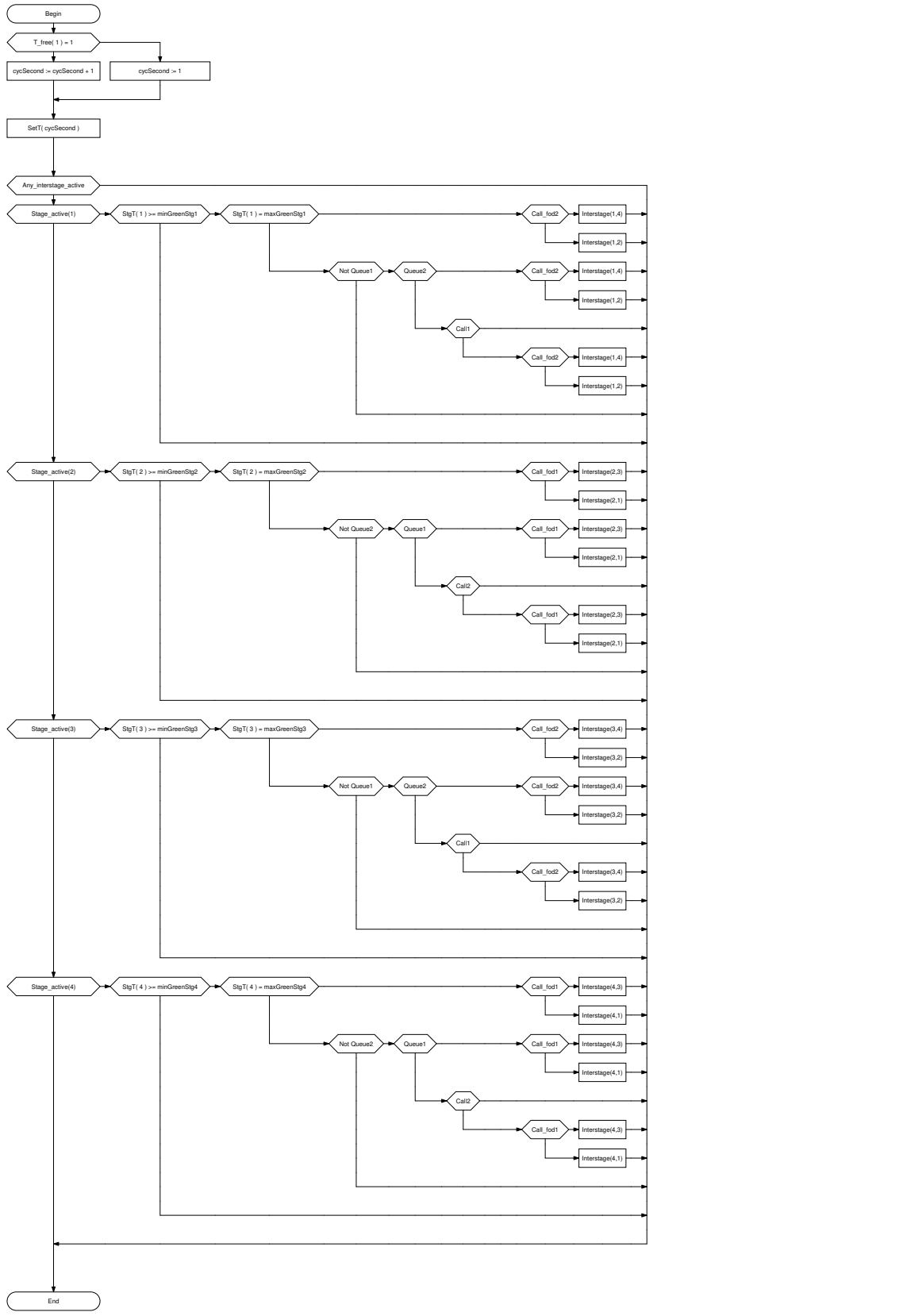


Figur C.2: Nodes i et traditionelt ruderanlæg.



Figur C.3: Nodes ifm. et tilslutningsanlæg med to rundkørsler.

C.2 VISVAP filer



Figur C.4: Diagram anvendt i VISVAP.

C.3 Beregninger

Ved beregningen af signalplanen er der taget udgangspunkt i Websters formel for beregning af en tofaset signalplan. Yderligere er sikkerhedstiden beregnet. Formler og udregninger er foretaget med reference til Lauritzen [2013].

C.3.1 Omløbstid

Omløbstiden er beregnet ud fra Websters formel for et tofaset signalanlæg.

$$C_{opt} = \frac{1{,}5k + 5}{1 - \frac{N_1}{K_1} - \frac{N_2}{K_2}} \tag{C.1}$$

Hvor:

k	Tabt tid ved faseskift
N_1 og N_2	Den største trafikintensitet på de skærende veje
K_1 og K_2	Den tilhørende grøntimekapacitet på de skærende veje

Omløbstiden for det traditionelle ruderanlæg

I det traditionelle ruderanlæg er det nordlige kryds det dimensionerende kryds, eftersom dette har de største trafikintensiteter på de skærende veje. De kritiske trafikstrømme i det nordlige kryds er 710 kt fra syd og 480 kt fra øst. Der forekommer to faseskift, hvilket medfører et tidstab på 12 sek. Der er regnet med en grøntimekapacitet på 1800 kt/t. Dette giver en omløbstid på 62 sek ved anvendelse af Websters formel. Dette rundes op til 70 sek. Den kritiske trafikmængde for signalet er de to største trafikintensiteter adderet, hvilket giver en kritisk trafikmængde på 1190 kt. Grøntiden for den enkelte retning fordeles herudfra. Den samlede grøntid er omløbstiden minus den tabte tid ved faseskift, hvilket vil sige 58 sek. Grøntiden for nord-/sydgående trafik er 35 sek, mens den for trafikken fra øst er 23 sek.

Omløbstiden for det dynamiske ruderanlæg

I det dynamiske ruderanlæg er det sydlige kryds det dimensionerende kryds, eftersom de skærende veje nu er den nord- og sydgående retning. De kritiske trafikstrømme i det sydlige kryds er 599 kt fra syd og 789 kt fra nord. Disse trafikstrømme skal dog deles med to, eftersom der er to kørespor. Der forekommer to faseskift, hvilket medfører et tidstab på 12 sek. Der er regnet med en grøntimekapacitet på 1800 kt/t. Dette giver en omløbstid på 36 sek ved anvendelse af Websters formel, hvilket rundes op til 40 sek.

C.3.2 Samordning

Afstanden mellem de to kryds er 135 m. Med en skiltet hastighed på 50 km/t(14 m/s) vil det tage et køretøj 10 sek at tilbagelægge afstanden imellem de to kryds, hvilket giver forskydelsen mellem de to signalgrupper.

C.3.3 Sikkerhedstid

Sikkerhedstiden er beregnet ud fra følgende formel:

$$t_s = \frac{a_1}{V_1} - \frac{a_2}{V_2} + t_{sen,1} \tag{C.2}$$

Hvor:

V_1	Hastigheden for seneste trafikant $[\frac{m}{sek}]$
V_2	Hastigheden for tidligste trafikant $[\frac{m}{sek}]$
a_1	Tilbagelagt afstand for den sidste trafikant inkl. udstrækning Geniltningskonstanten [m]
a_2	Tilbagelagt afstand for den tidligste trafikant [m]
$t_{sen,1}$	Tidspunktet inde i gult, hvor den sidste trafikant passerer stoplinjen [sek]

Det traditionelle ruderanlægs sikkerhedstider er vist i figur C.1 og det dynamiske ruderanlægs sikkerhedstider er vist i C.2.

	A1	A2	A3
A1			4,2
A2			2,8
A3	3,0	4,5	

Tabel C.1: Sikkerhedsmatrix for det traditionelle ruderanlæg.

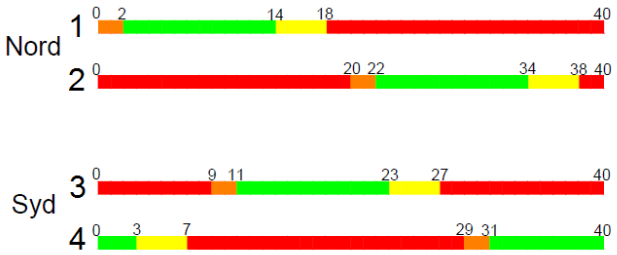
	A1	A2	B1	B2	FA1	FA2	FB1	FB2
A1		3,6				1,1		
A2	3,6				1,1			
B1					3,6			1,1
B2			3,6				1,1	
FA1		4,1						
FA2	4,1							
FB1				4,1				
FB2			4,1					

Tabel C.2: Sikkerhedsmatrix for det dynamiske ruderanlæg.

C.4 Signalplaner

Ud fra den beregnede omløbstid er signalplanen for det traditionelle ruderanlæg illustreret på figur C.5 og det dynamiske ruderanlæg figur C.6.

Figur C.5: Signalplangruppeplan traditionel ruderanlæg.



Figur C.6: Signalplangruppeplan dynamisk ruderanlæg.

C.5 Scenarie bilag

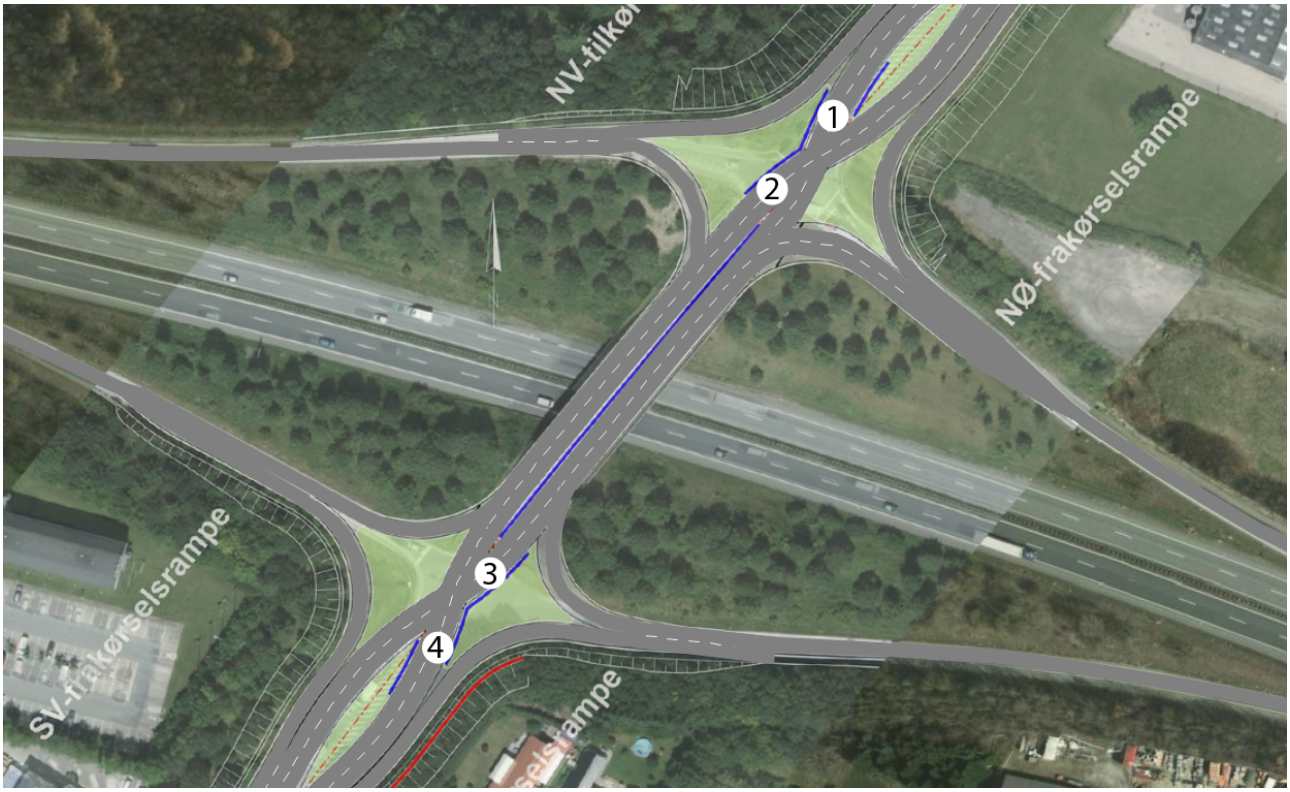
C.5.1 Scenarie 0: Nuværende trafikmængde ved tilslutningsanlæg 52 Odense SV

Figur C.7: VISSIM opbygning - rundkørsel.

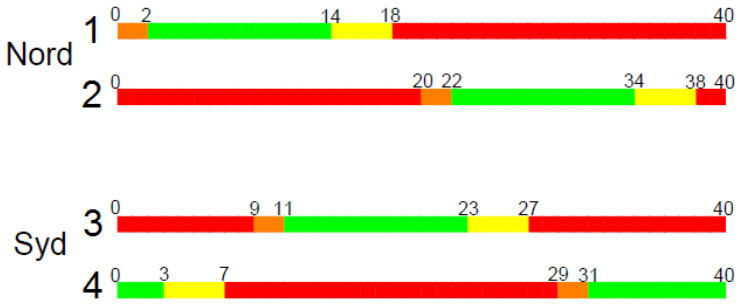
Figur C.8: VISSIM opbygning - traditionel ruderanlæg.

Figur C.9: VISSIM opbygning - dynamisk ruderanlæg.

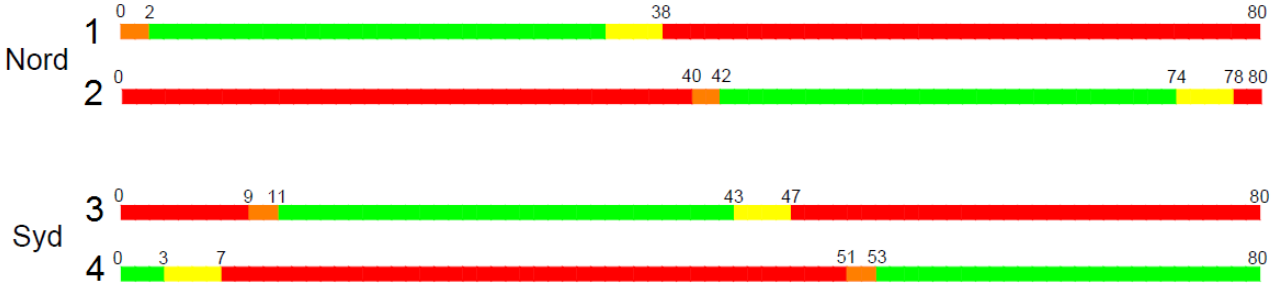
C.5.2 Scenarie 1: Omløbstid



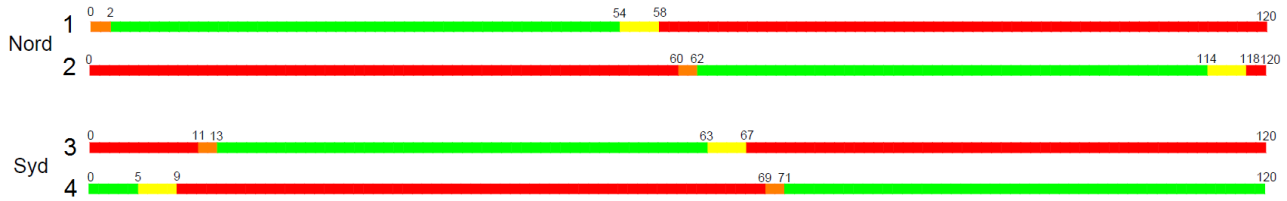
Figur C.10: VISSIM-opbygning af scenariet med påtegnede signalgrupper.



Figur C.11: Signalgruppeplan for 40 sek omløbstid.



Figur C.12: Signalgruppeplan for 80 sek omløbstid.



Figur C.13: Signalgruppeplan for 120 sek omløbstid.

C.5.3 Scenarie 2: Varierende trafikmængde

Rundkørsel

Figur C.14: VISSIM opbygning - rundkørsel.

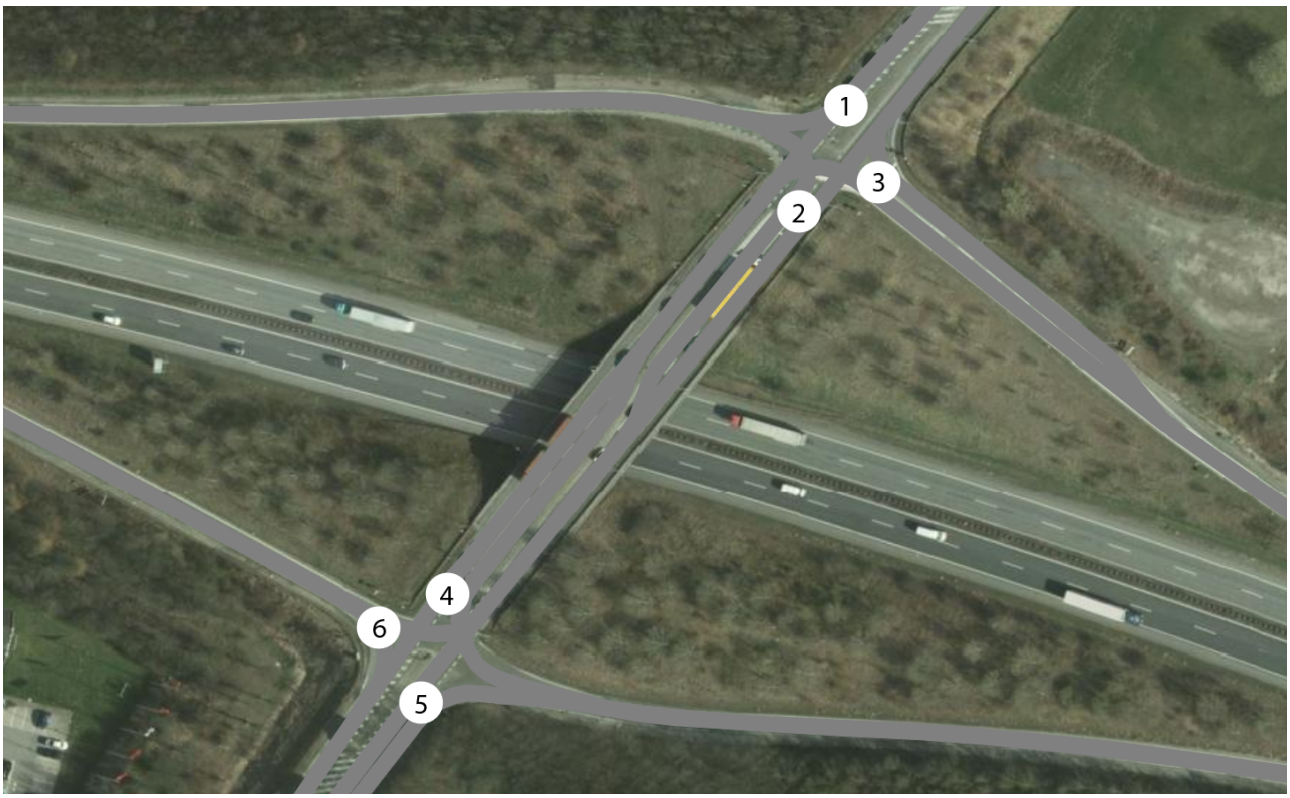
	Rundkørsel																			
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	110%	120%	130%	140%	150%	160%	170%	180%	190%	200%
NS	1,00	0,99	0,97	0,94	0,90	0,84	0,71	0,48	0,37	0,29	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
NØ	1,00	1,00	0,98	0,95	0,91	0,84	0,72	0,49	0,38	0,30	0,30	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
NV	1,00	0,99	0,98	0,95	0,92	0,84	0,69	0,44	0,32	0,25	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
SN	1,00	0,99	0,97	0,94	0,90	0,80	0,44	0,32	0,31	0,31	0,32	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,32	0,31	0,31
SØ	1,00	0,99	0,98	0,95	0,91	0,81	0,41	0,29	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
SV	1,00	1,00	0,97	0,95	0,90	0,81	0,45	0,33	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
ØN	1,00	1,00	0,98	0,95	0,91	0,78	0,37	0,23	0,21	0,21	0,20	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,20	0,21	0,20	0,20
ØS	1,00	1,00	0,98	0,95	0,91	0,79	0,42	0,27	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,24	0,25	0,25	0,25
VN	1,00	1,00	0,97	0,95	0,90	0,82	0,65	0,33	0,20	0,16	0,14	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
VS	1,00	0,99	0,97	0,96	0,91	0,81	0,63	0,28	0,17	0,13	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,10	0,09

Ubetydelig/begyndende | Stor | Kritisk

Figur C.15: Trængsel ved rundkørsel.

Traditionel ruderanlæg

VISSIM-opbygningen i dette scenarie består af den nuværende opbygning af tilslutningsanlæg 52, hvor begge kryds signalregueleres, hvilket er illustreret i figur C.16.

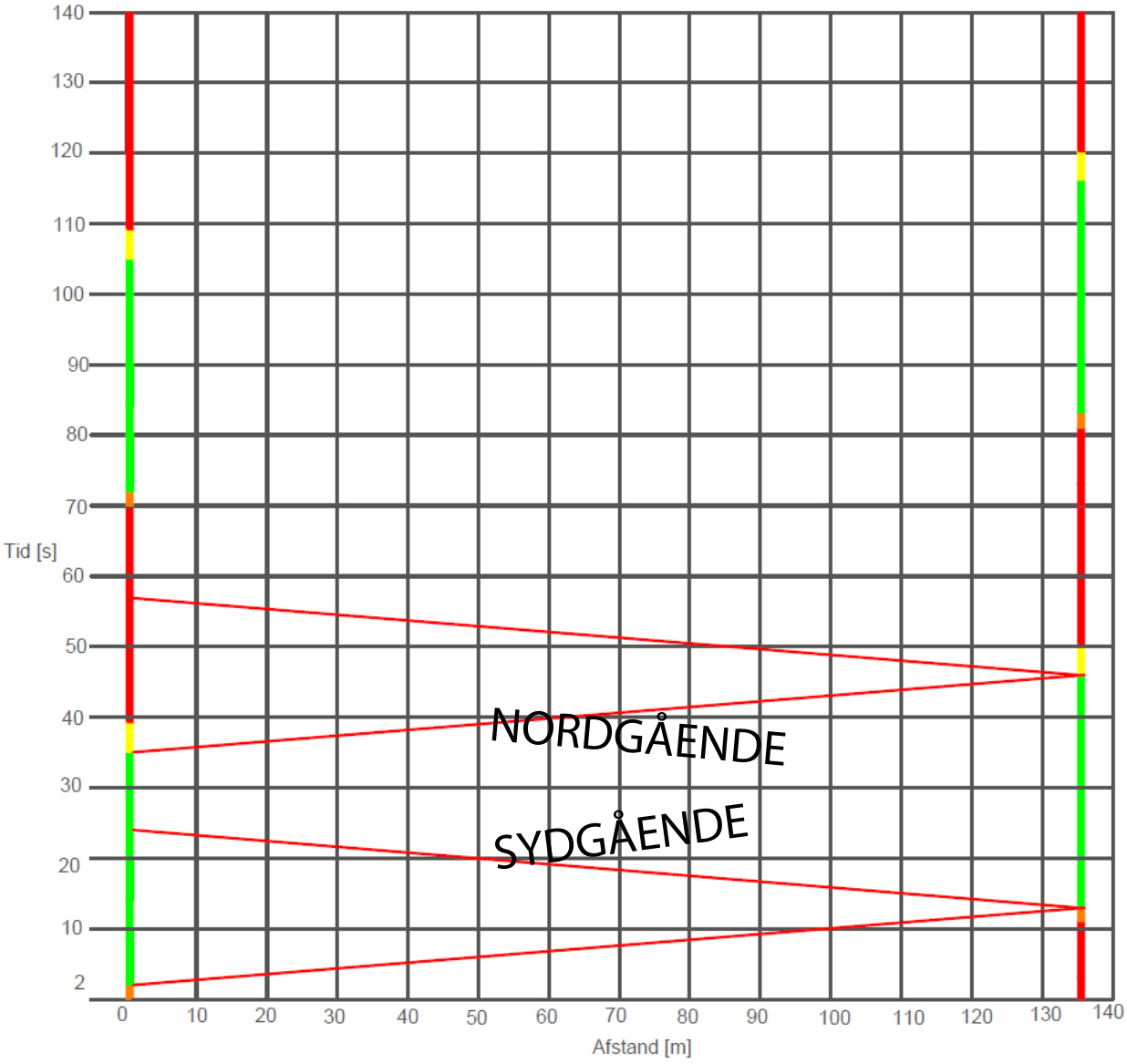


Figur C.16: VISSIM-opbygning af scenariet med påtegnede signalgrupper.

Scenariets tidsstyrede signalgruppeplan er vist i figur C.17 for det nordlige og sydlige kryds. Beregninger bag signalgruppeplanen kan findes i bilag C.3.1.

Figur C.17: Signalgruppeplanen for det traditionelle ruderanlæg.

Vej/tid-diagrammet for det traditionelle ruderanlæg er vist i figur C.18.



Figur C.18: Vej/tid-diagram for det traditionelle ruderanlæg.

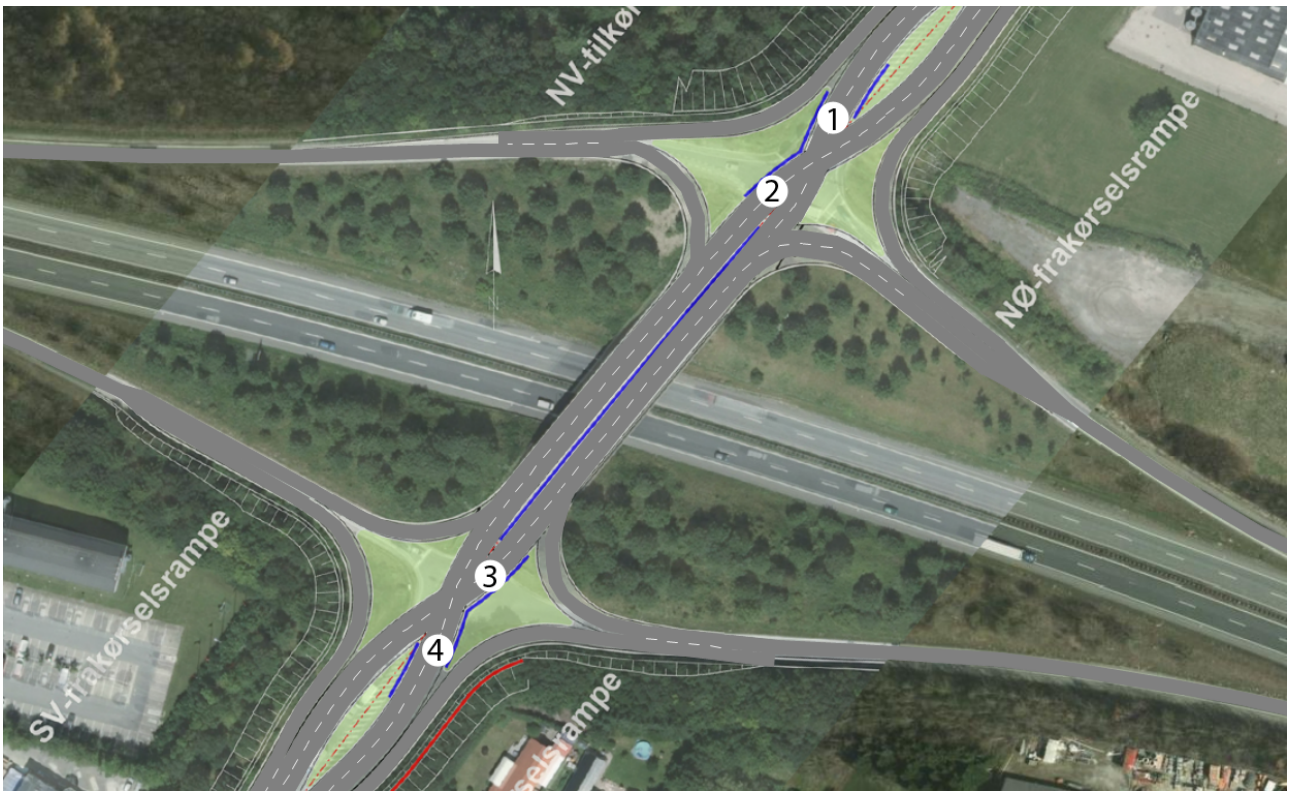
	Traditionel ruderanlæg																			
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	110%	120%	130%	140%	150%	160%	170%	180%	190%	200%
NS	1,00	1,00	1,00	0,97	0,97	0,95	0,93	0,91	0,86	0,81	0,51	0,32	0,23	0,22	0,20	0,18	0,20	0,16	0,16	0,16
NØ	1,00	1,00	0,98	0,97	0,96	0,93	0,90	0,88	0,81	0,74	0,46	0,29	0,22	0,21	0,20	0,18	0,21	0,17	0,17	0,16
NV	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,97	0,97	0,95	0,90	0,84	0,50	0,31	0,22	0,20	0,19	0,17	0,20	0,16	0,16	0,15
SN	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,92	0,78	0,60	0,50	0,56	0,55	0,50	0,44	0,49	0,46	0,47
SØ	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	0,97	0,96	0,96	0,94	0,85	0,70	0,59	0,62	0,62	0,58	0,52	0,58	0,55	0,56
SV	1,00	0,98	0,99	0,96	0,95	0,93	0,91	0,86	0,87	0,83	0,49	0,35	0,28	0,55	0,54	0,49	0,27	0,49	0,47	0,47
ØN	1,00	0,99	1,00	0,99	0,98	0,98	0,97	0,97	0,95	0,95	0,88	0,71	0,54	0,62	0,53	0,46	0,43	0,44	0,42	0,43
ØS	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,86	0,68	0,54	0,63	0,56	0,48	0,45	0,45	0,43	0,45
VN	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,97	0,97	0,96	0,94	0,93	0,73	0,52	0,35	0,56	0,54	0,42	0,29	0,33	0,27	0,28
VS	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,97	0,98	0,96	0,95	0,74	0,51	0,33	0,58	0,56	0,41	0,26	0,31	0,25	0,26

Ubetydelig/begyndende | Stor | Kritisk

Figur C.19: Trængsel ved traditionel ruderanlæg.

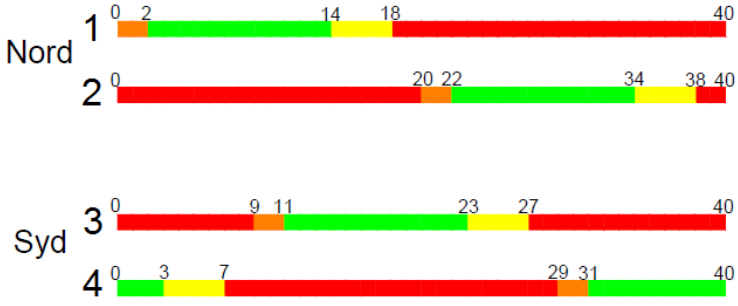
Dynamisk ruderanlæg

VISSIM-opbygningen til dette scenarie består af signalregulering af de krydsende trafikstrømme, mens ramperne vigepligtreguleres. VISSIM-modellens opbygning er vist på figur C.20.



Figur C.20: VISSIM-opbygning af scenariet med påtegnede signalgrupper.

Scenariets tidsstyrede signalgruppeplan er vist i figur C.21 for det nord- og sydlige kryds. Beregninger bag signalgruppeplanen kan findes i bilag C.3.1.

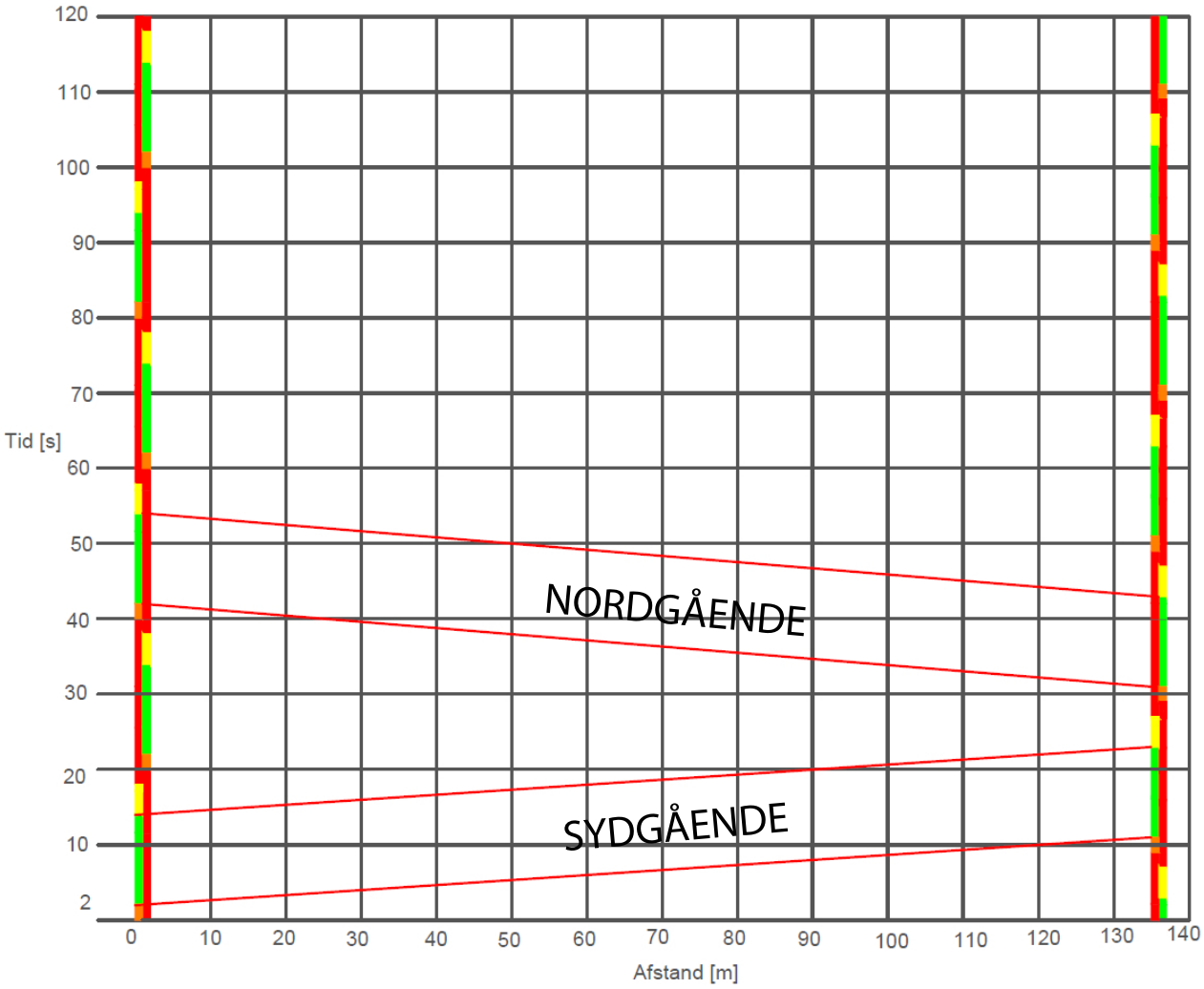


Figur C.21: Signalgruppeplanen for det dynamiske ruderanlæg.

Det dynamiske ruderanlægs samordning adskiller sig fra to normale kryds samordning. Forskellen består i, at den nord-/sydgående trafik i hvert enkelt kryds ikke kan tildeles grønt på samme tid. Dette medfører, at den ene retningen skal prioriteres, hvis der skal anlægges grønbølge. Det nordlige og sydlige kryds er samordnet med en forskydelse på 10 sek, hvor den sydgående trafik er prioriteret. Samordningen mellem det nordlige og sydlige kryds er illustreret i vej/tid-diagrammet på figur C.22.

Vej/tid-diagrammet for det dynamiske ruderanlæg adskiller sig fra det normale vej/tid-diagram, ved

at der angives en signalplan for både den nord- og sydgående trafik i hvert kryds. I vejtiddiagrammet i figur C.22 angives den sydgående signalplan først, hvorefter den nordgående præsenteres ved siden af.



Figur C.22: Vej/tid-diagram for det dynamiske ruderanlæg.

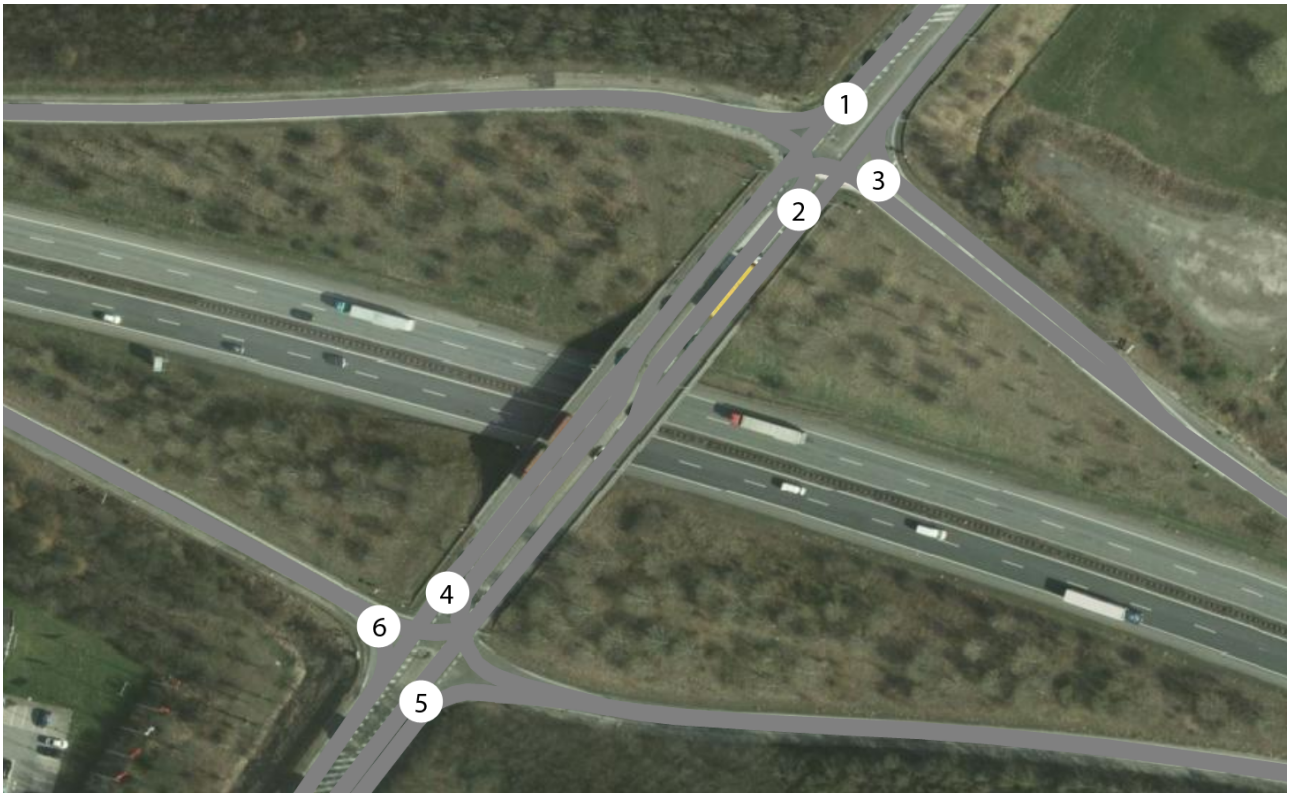
	Dynamisk ruderanlæg																		
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	110%	120%	130%	140%	150%	160%	170%	180%	190%	200%
NS	0,90	0,89	0,88	0,87	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,83	0,81	0,79	0,78	0,77	0,75	0,73	0,70	0,68	0,67	0,64
NØ	0,95	0,95	0,94	0,94	0,93	0,92	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,82	0,80	0,79	0,76
NV	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,97
SN	0,76	0,75	0,74	0,74	0,73	0,73	0,72	0,72	0,71	0,71	0,70	0,69	0,69	0,68	0,67	0,65	0,62	0,56	0,49	0,47
SØ	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,98	0,97	0,95	0,93	0,91	0,90
SV	0,94	0,93	0,92	0,93	0,92	0,91	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,84	0,84	0,82	0,80	0,77	0,74	0,68	0,66
ØN	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,87	0,85	0,79	0,63	0,41	0,37
ØS	0,91	0,91	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,82	0,81	0,80	0,78	0,76	0,74	0,72	0,67	0,57	0,52
VN	0,91	0,90	0,90	0,88	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	0,79	0,77	0,75	0,71	0,65	0,58	0,55
VS	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,92	0,91	0,89	0,89	0,87

Ubetydelig/begyndende | Stor | Kritisk

Figur C.23: Trængsel ved dynamisk ruderanlæg.

C.5.4 Scenarie 3: Varierende mængde af svingende trafik

Traditionel ruderanlæg



Figur C.24: VISSIM-opbygning af scenariet med påtegnede signalgrupper.

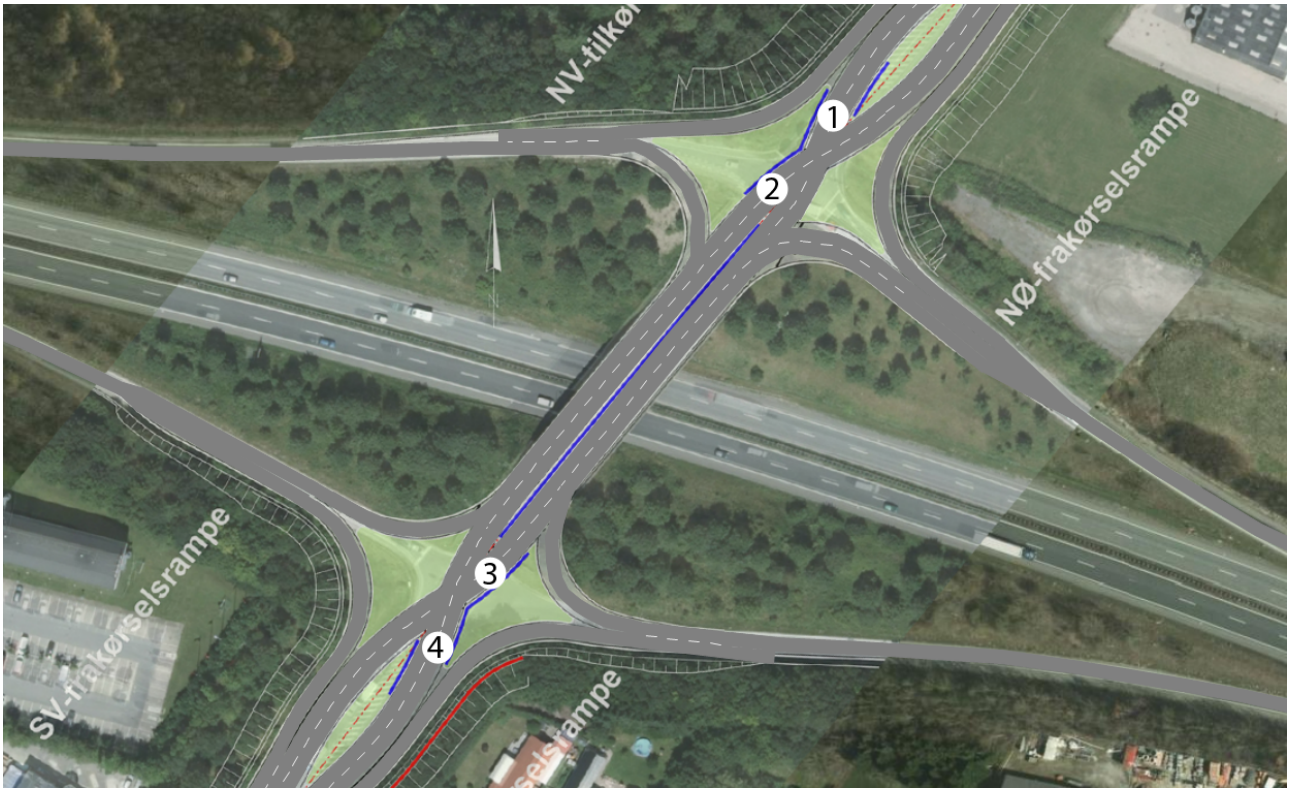
Figur C.25: Signalgruppeplanen for det traditionelle ruderanlæg.

	Traditionel ruderanlæg								
	V10% - L90%	V20% - L80%	V30% - L70%	V40% - L60%	V50% - L50%	V60% - L40%	V70% - L30%	V80% - L20%	V90% - L10%
NS	0,80	0,81	0,81	0,80	0,70	0,58	0,44	0,52	0,51
NØ	0,80	0,79	0,78	0,74	0,64	0,52	0,41	0,52	0,48
NV	0,84	0,84	0,84	0,83	0,72	0,61	0,45	0,58	0,57
SN	0,92	0,92	0,92	0,92	0,79	0,56	0,41	0,15	0,14
SØ	0,94	0,94	0,94	0,94	0,86	0,68	0,52	0,20	0,17
SV	0,80	0,83	0,80	0,75	0,62	0,44	0,34	0,12	0,11
ØN	0,95	0,95	0,95	0,95	0,94	0,93	0,90	0,91	0,88
ØS	0,94	0,94	0,94	0,94	0,91	0,86	0,81	0,79	0,71
VN	0,93	0,93	0,94	0,93	0,83	0,70	0,54	0,12	0,13
VS	0,95	0,95	0,95	0,95	0,87	0,81	0,63	0,10	0,12

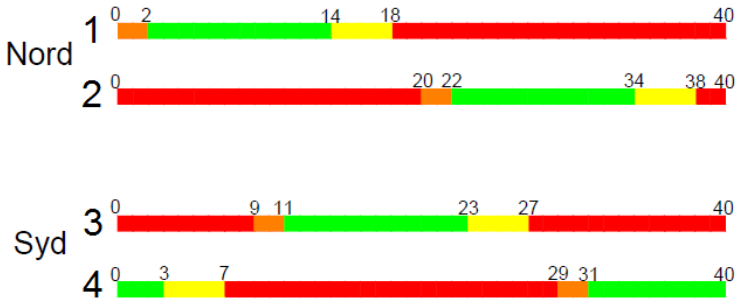
Ubetydelig/begyndende | Stor | Kritisk

Figur C.26: Trængsel ved traditionel ruderanlaeg.

Dynamisk ruderanlæg



Figur C.27: VISSIM-opbygning af scenariet med påtegnede signalgrupper.



Figur C.28: Signalgruppeplanen for det dynamiske ruderanlæg.

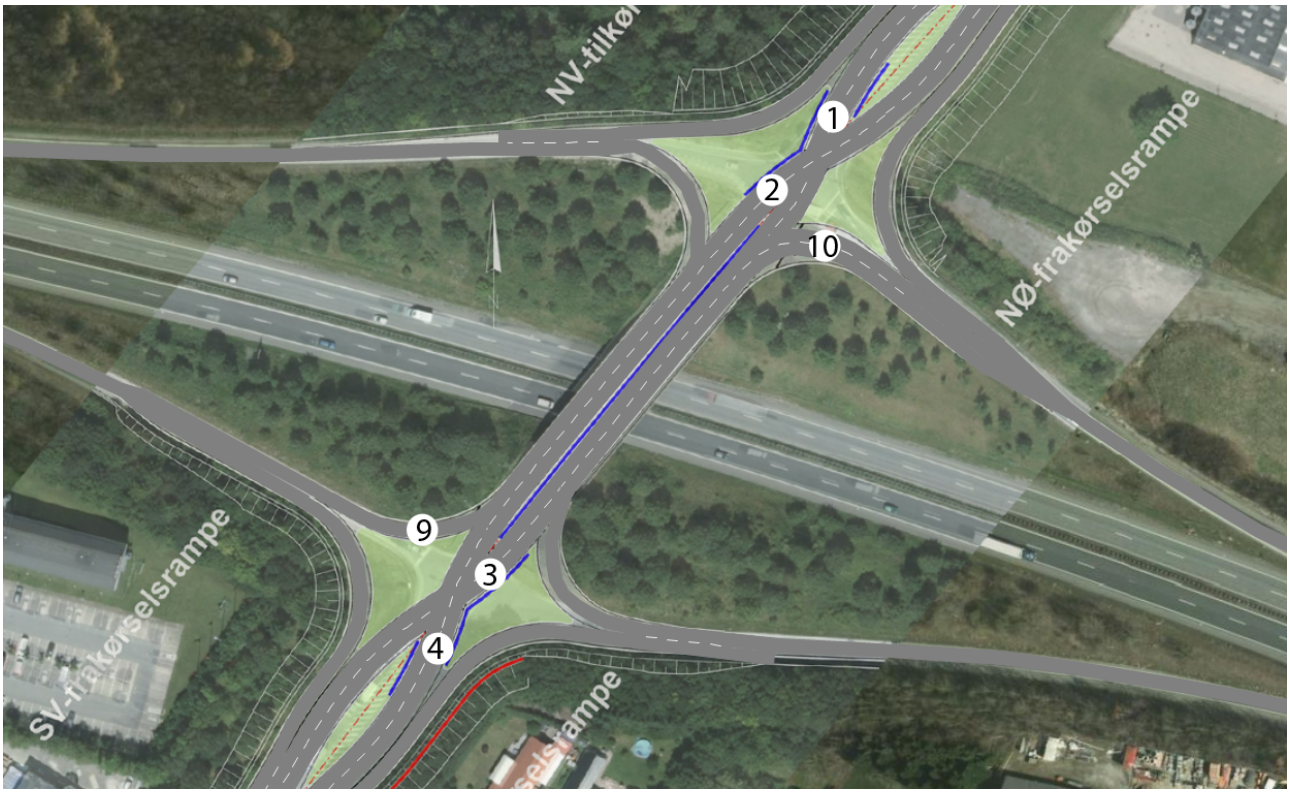
	Dynamisk ruderanlæg								
	V10% - L90%	V20% - L80%	V30% - L70%	V40% - L60%	V50% - L50%	V60% - L40%	V70% - L30%	V80% - L20%	V90% - L10%
NS	0,82	0,82	0,82	0,83	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82
NØ	0,90	0,90	0,90	0,90	0,89	0,89	0,89	0,88	0,88
NV	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98
SN	0,70	0,70	0,71	0,71	0,72	0,72	0,73	0,73	0,74
SØ	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99
SV	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,87
ØN	0,94	0,94	0,95	0,95	0,96	0,96	0,96	0,97	0,97
ØS	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
VN	0,82	0,83	0,84	0,84	0,85	0,86	0,87	0,87	0,88
VS	0,95	0,96	0,96	0,96	0,97	0,97	0,97	0,97	0,98

Ubetydelig/begyndende | Stor | Kritisk

Figur C.29: Trængsel ved dynamisk ruderanlæg.

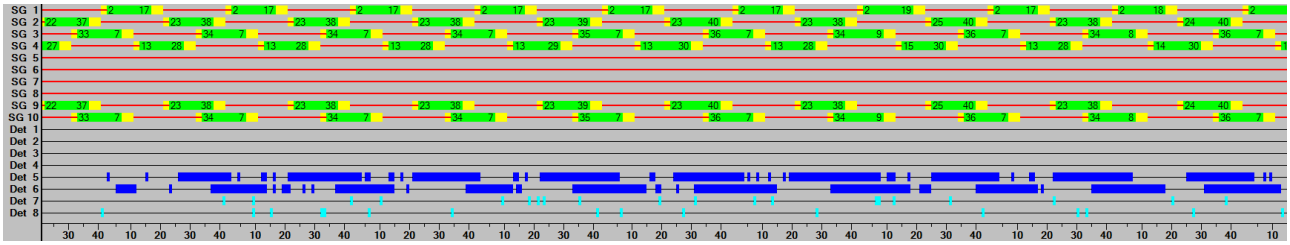
C.5.5 Scenarie 4: Trafikstyret dynamisk ruderanlæg

VISSIM-opbygningen af det trafikstyrede dynamiske ruderanlæg er vist i figur C.30. Selve trafikstyringen er beskrevet i afsnit kapitel 9 (s. 47).



Figur C.30: VISSIM opbygning af scenariet, med påtegnede signalgrupper.

I figur C.31 er et udsnit af signalgruppeplanen fra VISSIM-simuleringen vist. Figurene viser de enkelte fasers signaler, alt efter hvordan indmeldingerne på spolerne er, og derved hvordan det dynamiske ruderanlæg trafikstyres.



Figur C.31: Signalgruppeplan.

	Dynamisk ruderanlæg - tidstyret										
	100%	110%	120%	130%	140%	150%	160%	170%	180%	190%	200%
NS	0,81	0,80	0,78	0,77	0,76	0,74	0,73	0,70	0,68	0,66	0,65
NØ	0,88	0,87	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,80	0,78	0,77
NV	0,88	0,88	0,87	0,86	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80
SN	0,71	0,71	0,70	0,69	0,66	0,61	0,58	0,57	0,57	0,56	0,55
SØ	0,84	0,82	0,79	0,74	0,67	0,59	0,55	0,54	0,53	0,52	0,51
SV	0,90	0,89	0,88	0,85	0,81	0,74	0,70	0,70	0,70	0,69	0,68
ØN	0,85	0,84	0,83	0,82	0,80	0,78	0,75	0,72	0,67	0,62	0,59
ØS	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,70	0,69	0,66	0,62	0,58	0,56
VN	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77	0,75	0,74	0,73	0,72	0,71	0,70
VS	0,86	0,86	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78

Ubetydelig/begyndende | Stor | Kritisk

Figur C.32: Trængsel ved tidsstyret dynamisk ruderanlæg.

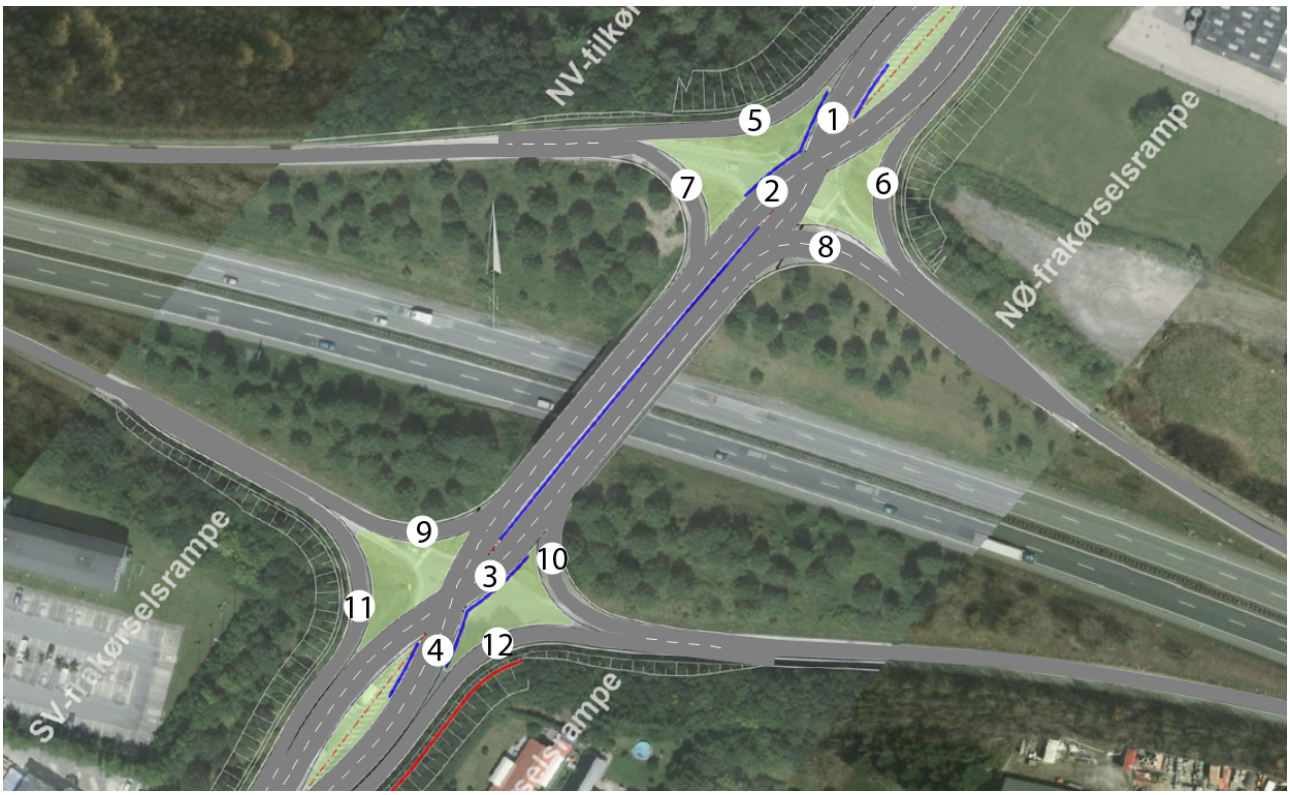
	Dynamisk ruderanlæg - trafikstyret										
	100%	110%	120%	130%	140%	150%	160%	170%	180%	190%	200%
NS	0,83	0,82	0,80	0,79	0,77	0,75	0,74	0,69	0,69	0,66	0,61
NØ	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,83	0,83	0,82	0,80
NV	0,90	0,89	0,88	0,87	0,87	0,86	0,85	0,84	0,84	0,83	0,82
SN	0,72	0,71	0,71	0,70	0,69	0,68	0,67	0,61	0,61	0,59	0,58
SØ	1,00	0,87	0,86	0,85	0,83	0,80	0,76	0,67	0,67	0,65	0,64
SV	0,91	0,90	0,89	0,88	0,88	0,85	0,84	0,77	0,77	0,76	0,76
ØN	0,86	0,86	0,85	0,83	0,82	0,80	0,78	0,70	0,70	0,64	0,59
ØS	0,74	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	0,68	0,63	0,63	0,59	0,53
VN	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77	0,75	0,72	0,72	0,70	0,69
VS	0,87	0,86	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,78	0,78	0,74	0,68

Ubetydelig/begyndende | Stor | Kritisk

Figur C.33: Trængsel ved trafikstyret dynamisk ruderanlæg.

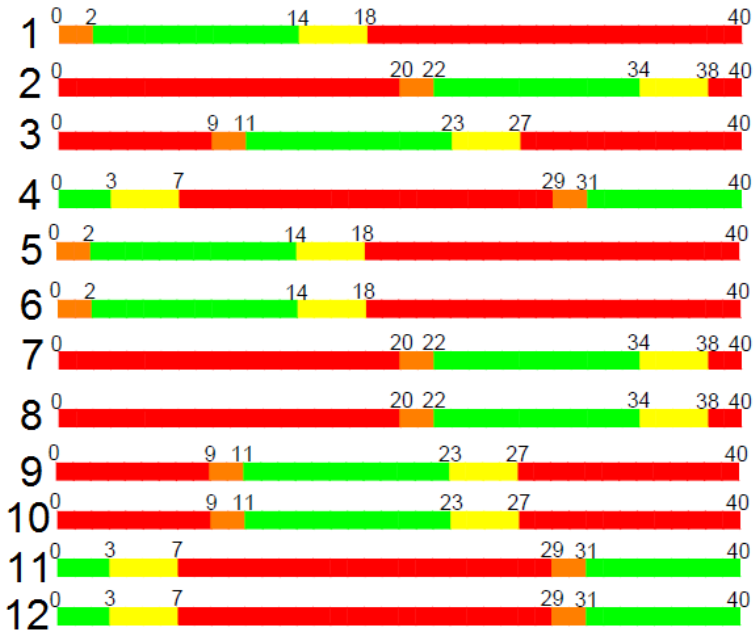
C.5.6 Scenarie 5: Fodgængere placeret yderst i et dynamisk ruderanlæg

I dette scenarie er alle ramperne signalreguleret for at tilgodese de bløde trafikanter. VISSIM opbygningen er illustreret i figur C.34, hvor de enkelte signaler er navngivet.



Figur C.34: VISSIM-opbygning af scenariet med påtegnede signalgrupper.

Signalerne i VISSIM-modellen er styret efter signalgruppeplanen vist i figur C.35.



Figur C.35: Signalgruppeplan.

	Dynamisk ruderanlæg										
	100%	110%	120%	130%	140%	150%	160%	170%	180%	190%	200%
NS	0,83	0,81	0,79	0,78	0,77	0,75	0,73	0,70	0,68	0,67	0,64
NØ	0,89	0,88	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,82	0,80	0,79	0,76
NV	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,97
SN	0,71	0,70	0,69	0,69	0,68	0,67	0,65	0,62	0,56	0,49	0,47
SØ	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,98	0,97	0,95	0,93	0,91	0,90
SV	0,88	0,87	0,86	0,84	0,84	0,82	0,80	0,77	0,74	0,68	0,66
ØN	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,87	0,85	0,79	0,63	0,41	0,37
ØS	0,84	0,82	0,81	0,80	0,78	0,76	0,74	0,72	0,67	0,57	0,52
VN	0,83	0,82	0,81	0,80	0,79	0,77	0,75	0,71	0,65	0,58	0,55
VS	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,92	0,91	0,89	0,89	0,87

Ubetydelig/begyndende | Stor | Kritisk

Figur C.36: Trængsel ved dynamisk ruderanlæg.

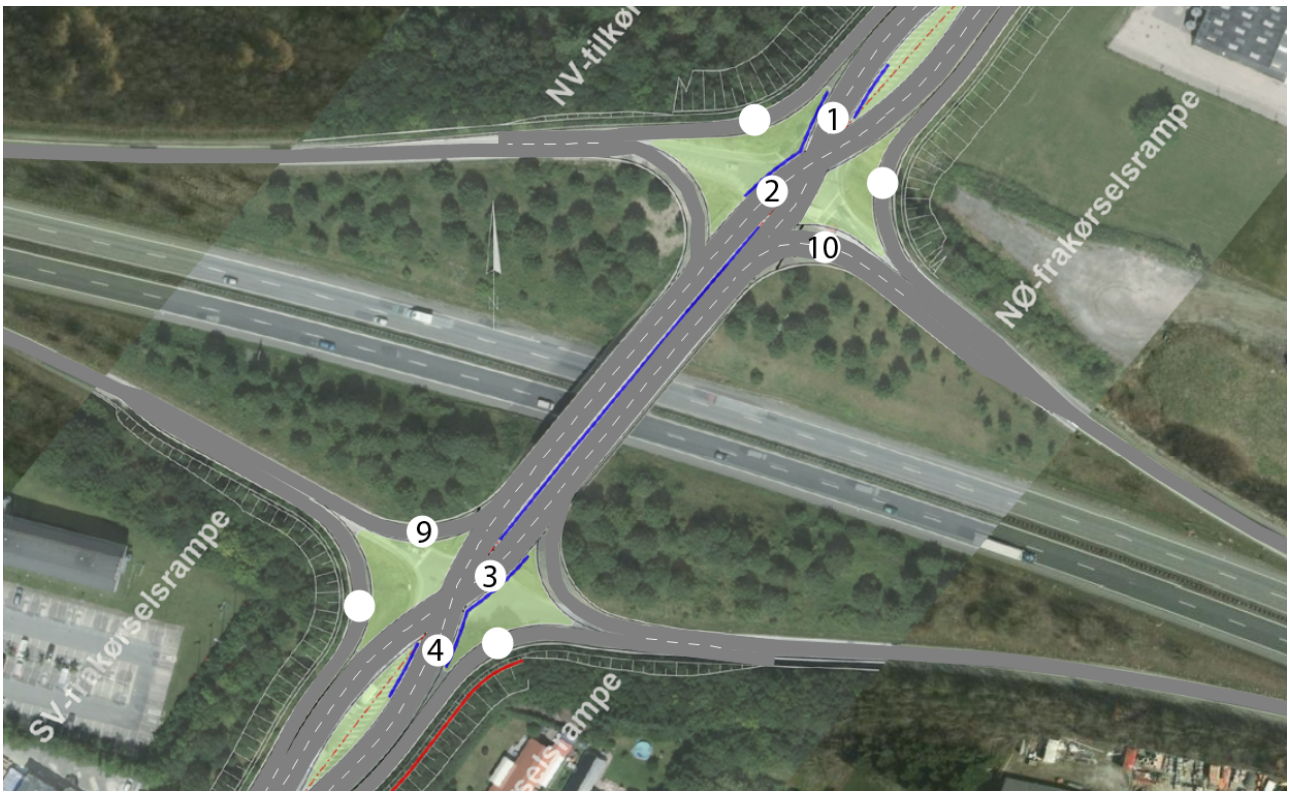
	Dynamisk ruderanlæg med rødt på ramper										
	100%	110%	120%	130%	140%	150%	160%	170%	180%	190%	200%
NS	0,90	0,89	0,88	0,86	0,84	0,82	0,80	0,75	0,71	0,66	0,64
NØ	0,92	0,90	0,89	0,87	0,85	0,82	0,80	0,76	0,71	0,67	0,65
NV	0,97	0,97	0,96	0,95	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,89	0,88
SN	0,83	0,82	0,81	0,80	0,77	0,72	0,68	0,67	0,67	0,66	0,66
SØ	0,92	0,89	0,87	0,82	0,76	0,68	0,63	0,63	0,62	0,63	0,63
SV	0,88	0,88	0,87	0,85	0,82	0,77	0,73	0,73	0,73	0,73	0,72
ØN	0,94	0,93	0,92	0,90	0,88	0,86	0,83	0,78	0,71	0,62	0,57
ØS	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,95	0,90	0,78	0,65	0,57
VN	0,97	0,96	0,95	0,93	0,92	0,89	0,87	0,86	0,85	0,83	0,81
VS	1,00	1,00	1,00	0,99	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,93

Ubetydelig/begyndende | Stor | Kritisk

Figur C.37: Trængsel ved dynamisk ruderanlæg med signalregulerede ramper.

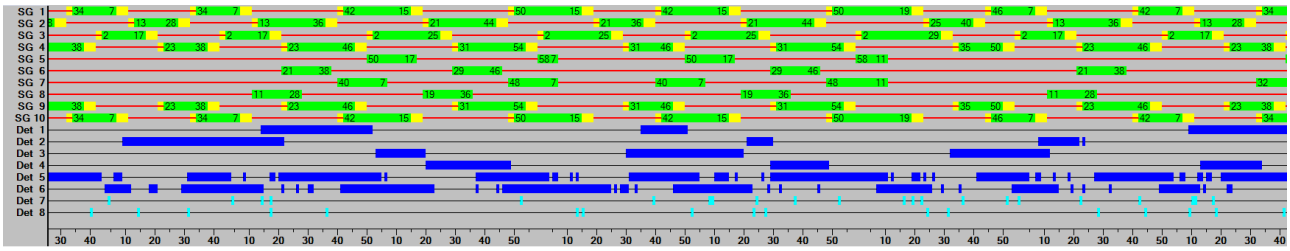
C.5.7 Scenarie 6: Fodgængere placeret inderst i et dynamisk ruderanlæg

VISSIM-modellen for det dynamiske ruderanlæg med bløde trafikanter, som er trafikstyret, er vist på figur C.38.



Figur C.38: VISSIM-opbygning af scenariet med påtegnede signalgrupper.

Trafikstyringen foregår som beskrevet i kapitel 9 (s. 47). Et udsnit af indmeldinger og faseskift fra VISSIM-modellen er vist i figur C.39.



Figur C.39: Signalgruppeplan.

	50										
	100%	110%	120%	130%	140%	150%	160%	170%	180%	190%	200%
NS	0,80	0,79	0,78	0,75	0,74	0,72	0,69	0,67	0,63	0,57	0,50
NØ	0,90	0,89	0,88	0,87	0,85	0,84	0,83	0,81	0,80	0,77	0,73
NV	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96
SN	0,70	0,69	0,68	0,68	0,67	0,66	0,65	0,64	0,61	0,58	0,55
SØ	1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,92	0,92
SV	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,81	0,79	0,79
ØN	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,88	0,86	0,83	0,77	0,68	0,57
ØS	0,70	0,70	0,69	0,68	0,68	0,66	0,65	0,63	0,60	0,53	0,45
VN	0,79	0,78	0,77	0,75	0,74	0,73	0,71	0,69	0,67	0,64	0,60
VS	0,93	0,93	0,91	0,90	0,90	0,88	0,86	0,84	0,80	0,72	0,62

Ubetydelig/begyndende | Stor | Kritisk

Figur C.40: Trængsel ved 50 bløde trafikanter.

	100										
	100%	110%	120%	130%	140%	150%	160%	170%	180%	190%	200%
NS	0,80	0,78	0,76	0,74	0,73	0,71	0,68	0,66	0,63	0,57	0,50
NØ	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,83	0,82	0,81	0,79	0,76	0,72
NV	0,98	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95	0,94	0,93
SN	0,70	0,69	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65	0,63	0,61	0,57	0,54
SØ	0,99	0,99	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95	0,93	0,91	0,90	0,89
SV	0,90	0,88	0,88	0,86	0,86	0,85	0,84	0,82	0,80	0,79	0,79
ØN	0,93	0,93	0,91	0,90	0,89	0,87	0,84	0,81	0,76	0,65	0,55
ØS	0,70	0,69	0,68	0,68	0,67	0,65	0,64	0,62	0,59	0,54	0,46
VN	0,78	0,77	0,76	0,74	0,73	0,72	0,71	0,68	0,66	0,62	0,59
VS	0,91	0,90	0,90	0,88	0,88	0,86	0,85	0,83	0,79	0,73	0,63

Ubetydelig/begyndende | Stor | Kritisk

Figur C.41: Trængsel ved 100 bløde trafikanter.

	150										
	100%	110%	120%	130%	140%	150%	160%	170%	180%	190%	200%
NS	0,79	0,78	0,76	0,74	0,72	0,70	0,68	0,65	0,62	0,58	0,51
NØ	0,89	0,88	0,87	0,85	0,84	0,83	0,81	0,80	0,78	0,76	0,74
NV	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,92
SN	0,70	0,70	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65	0,63	0,60	0,56	0,53
SØ	1,00	0,97	0,97	0,96	0,95	0,95	0,93	0,92	0,89	0,88	0,87
SV	0,89	0,88	0,88	0,87	0,86	0,85	0,83	0,83	0,80	0,79	0,78
ØN	0,93	0,92	0,91	0,89	0,88	0,86	0,84	0,80	0,75	0,62	0,51
ØS	0,69	0,68	0,68	0,67	0,66	0,65	0,63	0,62	0,58	0,54	0,47
VN	0,78	0,76	0,75	0,74	0,73	0,72	0,70	0,68	0,65	0,61	0,57
VS	0,90	0,89	0,89	0,87	0,87	0,85	0,84	0,82	0,78	0,74	0,64

Ubetydelig/begyndende | Stor | Kritisk

Figur C.42: Trængsel ved 150 bløde trafikanter.

Bilag D

Tilslutningsanlæg i Danmark

I følgende tabeller er dynamiske ruderanlæg beskrevet som hhv. et-sporet eller to-sporet.

Nr	Navn	Fodgængere	Cyklister	Trafiktal på broen	Nuværende udformning	Foreslået udformning
2	Hjørring N	Nej	Nej	Ingen data	Kombination	
4	Hjørring S	Nej	Nej	Ingen data	Traditionel	
5	Vrå	Nej	Nej	Ingen data	Kombination	
6	Brønderslev C	Nej	Ja	Ingen data	Kombination	
7	Brønderslev S	Nej	Ja	Ingen data	Rundkørsel	
8	Tylstrup	Nej	Ja	2246	Rundkørsel	Rundkørsel
9	Vestbjerg	Nej	Ja	3067	Rundkørsel	Rundkørsel
10	Høvejen	Nej	Nej	2632	Traditionel	Rundkørsel

Tabel D.1: Tilslutningsanlæg Hirtshalsmotorvejen.

Nr	Navn	Fodgængere	Cyklister	Trafiktal på broen	Nuværende udformning	Foreslået udformning
13	Sæby S	Nej	Ja	4797	Kombination	Rundkørsel
14	Flauenskjold	Nej	Nej	1332	Kombination	Rundkørsel
15	Jyske Ås	Nej	Nej	Ingen data	Kombination	
16	Hjallerup	Nej	Ja	4618	Traditionel	Rundkørsel
17	Lyngdrup	Nej	Nej	Ingen data	Traditionel	
18	Vodskov N	Nej	Nej	Ingen data	Kombination	
20	Bouet	Nej	Ja	3828	Traditionel	Rundkørsel

Tabel D.2: Tilslutningsanlæg Frederikshavnmotorvejen.

Nr	Navn	Fodgængere	Cyklister	Trafiktal på broen	Nuværende udformning	Foreslået udformning
24	Ø. Uttrup Vej	Ja	Nej	11241	Rundkørsel	Et-sporet
29	Svenstrup	Nej	Ja	Ingen data	Rundkørsel	
30	Støvring N	Nej	Nej	Ingen data	Traditionel	
31	Støvring S	Nej	Nej	3967	Traditionel	Rundkørsel
33	Haverslev	Nej	Ja	5105	Traditionel	Rundkørsel
34	Hobro N	Nej	Nej	6514	Traditionel	Rundkørsel
36	Onsild	Nej	Ja	4191	Traditionel	Rundkørsel
37	Handest	Nej	Nej	3701	Traditionel	Rundkørsel
38	Purhus	Nej	Nej	Ingen data	Traditionel	
39	Randers N	Nej	Ja	Ingen data	Traditionel	
40	Randers C	Nej	Ja	9726	Traditionel	Et-sporet
43	Sdr Borup	Nej	Nej	3548	Kombination	Rundkørsel
44	Hadsten	Nej	Ja	6427	Traditionel	Rundkørsel

Tabel D.3: Tilslutningsanlæg Nordjyske motorvej.

Nr	Navn	Fodgængere	Cyklister	Trafiktal på broen	Nuværende udformning	Foreslået udformning
17	Hjortshøj	Nej	Ja	Ingen data	Kombination	
16	Skødstrup	Nej	Nej	10964	Rundkørsel	Et-sporet
15	Hornslet	Nej	Nej	Ingen data	Traditionel	

Tabel D.4: Tilslutningsanlæg Djurslandsmotorvejen.

Nr	Navn	Fodgængere	Cyklister	Trafiktal på broen	Nuværende udformning	Foreslået udformning
51	Skanderborg N	Nej	Ja	Ingen data	Traditionel	
52	Skanderborg V	Nej	Nej	9169	Traditionel	Et-sporet
55	Horsens N	Nej	Nej	7384	Traditionel	Rundkørsel
56	Horsens V	Nej	Ja	16404	Traditionel	To-sporet
57	Horsens S	Nej	Nej	9513	Traditionel	Et-sporet
58	Hedensted	Nej	Ja	5446	Traditionel	Rundkørsel
61A	Vejle C	Nej	Ja	Ingen data	Traditionel	

Tabel D.5: Tilslutningsanlæg Østjyske Motorvej.

Nr	Navn	Fodgængere	Cyklister	Trafiktal på broen	Nuværende udformning	Foreslået udformning
1	Hasselager V	Nej	Nej	9629	Traditionel	Et-sporet

Tabel D.6: Tilslutningsanlæg Århus Syd Motorvejen.

Nr	Navn	Fodgængere	Cyklister	Trafiktal på broen	Nuværende udformning	Foreslået udformning
21	Harlev	Nej	Nej	6069	Kombination	Rundkørsel
23	Galten	Nej	Nej	Ingen data	Kombination	
24		Nej	Nej	4074	Kombination	Rundkørsel
23	Under opførsel				Traditionel	

Tabel D.7: Tilslutningsanlæg Herning Motorvejen.

Nr	Navn	Fodgængere	Cyklister	Trafiktal på broen	Nuværende udformning	Foreslået udformning
11		Nej	Ja	Ingen data	Rundkørsel	
10	Sdr. Omme	Nej	Ja	Ingen data	Kombination	
9		Nej	Nej	Ingen data	Rundkørsel	
10	Brande S	Nej	Nej	Ingen data	Rundkørsel	
9		Nej	Ja	6154	Rundkørsel	Rundkørsel
x		Nej	Nej	Ingen data	Rundkørsel	

Tabel D.8: Tilslutningsanlæg Midtjyske Motorvej.

Nr	Navn	Fodgængere	Cyklister	Trafiktal på broen	Nuværende udformning	Foreslået udformning
62	Kolding Ø	Nej	Nej	8179	Kombination	Et-sporet
63	Bramdrupdam	Nej	Nej	10741	Traditionel	Et-sporet
65	Kolding S	Nej	Nej	11195	Traditionel	Et-sporet
66	Christiansfeld	Nej	Ja	Ingen data	Traditionel	
67	Haderslev N	Nej	Nej	Ingen data	Traditionel	
68	Vojens	Nej	Ja	9620	Kombination	Et-sporet
70	Aabenraa N	Nej	Ja	12684	Rundkørsel	Et-sporet
73	Kiplev	Nej	Nej	Ingen data	Traditionel	
75	Bov	Nej	Ja	Ingen data	Traditionel	

Tabel D.9: Tilslutningsanlæg Sønderjyske Motorvej.

Nr	Navn	Fodgængere	Cyklister	Trafiktal på broen	Nuværende udformning	Foreslået udformning
65	Lunderskov Ø	Nej	Nej		Rundkørsel	
66	Lunderskov	Nej	Nej	2865	Rundkørsel	Rundkørsel
68	Vejen	Nej	Nej	4875	Kombination	Rundkørsel
69	Brørup	Nej	Nej	Ingen data	Traditionel	
70	Holsted	Nej	Nej	Ingen data	Kombination	
71	Gørding	Nej	Nej	1169	Kombination	Rundkørsel
72	Bramming	Nej	Ja	Ingen data	Kombination	
74		Nej	Nej	Ingen data	Traditionel	

Tabel D.10: Tilslutningsanlæg Esbjerg Motorvejen.

Nr	Navn	Fodgængere	Cyklister	Trafiktal på broen	Nuværende udformning	Foreslået udformning
61	Taulov	Nej	Nej	10514	Kombination	Et-sporet

Tabel D.11: Tilslutningsanlæg Taulovmotorvejen.

Nr	Navn	Fodgængere	Cyklister	Trafiktal på broen	Nuværende udformning	Foreslået udformning
58	Middelfart	Nej	Ja	Ingen data	Rundkørsel	
57A	??	Nej	Ja	668	Rundkørsel	Rundkørsel
56	Ejby	Nej	Nej	Ingen data	Traditionel	
55	Aarup	Nej	Nej	Ingen data	Traditionel	
54	Vissenbjeg	Nej	Nej	Ingen data	Traditionel	
53	Odense V	Nej	Ja	13571	Traditionel	Et-sporet
52	Odense SV	Nej	Nej	16660	Traditionel	To-sporet
48	Tietgenbyen	Nej	Nej	6087	Rundkørsel	Rundkørsel
47	Langeskov	Nej	Nej	Ingen data	Traditionel	
46	Nyborg V	Nej	Nej	Ingen data	Traditionel	
45	Nyborg Ø	Nej	Ja	6849	Traditionel	Rundkørsel
44	Knudshoved	Nej	Nej	Ingen data	Traditionel	

Tabel D.12: Tilslutningsanlæg Fynske Motorvej.

Nr	Navn	Fodgængere	Cyklister	Trafiktal på broen	Nuværende udformning	Foreslået udformning
11	Årslev	Nej	Nej	8114	Kombination	Et-sporet
12	Ringe N	Nej	Nej	Ingen data	Kombination	
13	Ringe C	Nej	Ja	Ingen data	Kombination	
14	Kværndrup	Nej	Nej	Ingen data	Rundkørsel	
15	Kirkeby	Nej	Nej	Ingen data	Traditionel	

Tabel D.13: Tilslutningsanlæg Svendborgmotorvejen.

Nr	Navn	Fodgængere	Cyklister	Trafiktal på broen	Nuværende udformning	Foreslået udformning
40B	Vemmelev	Nej	Ja	6194	Traditionel	Rundkørsel
40A		Nej	Nej	Ingen data	Traditionel	
36	Ringsted	Ja	Ja	Ingen data	Traditionel	
34	Borup	Nej	Nej	Ingen data	Traditionel	

Tabel D.14: Tilslutningsanlæg Vestmotorvejen.

Nr	Navn	Fodgængere	Cyklister	Trafiktal på broen	Nuværende udformning	Foreslået udformning
30		Nej	Nej	Ingen data	Traditionel	
29	Greve S	Nej	Ja	Ingen data	Traditionel	
27	Greve N	Nej	Ja	Ingen data	Traditionel	

Tabel D.15: Tilslutningsanlæg Køge Bugt Motorvejen.

Nr	Navn	Fodgængere	Cyklister	Trafiktal på broen	Nuværende udformning	Foreslået udformning
19	Buddinge	Ja	Ja	Ingen data	Traditionel	

Tabel D.16: Tilslutningsanlæg Motorring 3.

Nr	Navn	Fodgængere	Cyklister	Trafiktal på broen	Nuværende udformning	Foreslået udformning
4	Albertslund N	Nej	Nej	Ingen data	Traditionel	

Tabel D.17: Tilslutningsanlæg Motorring 4.

Nr	Navn	Fodgængere	Cyklister	Trafiktal på broen	Nuværende udformning	Foreslået udformning
21	Avedøre Holme	Ja	Ja	18127	Traditionel	To-sporet

Tabel D.18: Tilslutningsanlæg Amagermotorvejen.

Nr	Navn	Fodgængere	Cyklister	Trafiktal på broen	Nuværende udformning	Foreslået udformning
19	Ørestad	Nej	Nej	Ingen data	Traditionel	
18	Tårnby	Ja	Ja	8277	Traditionel	Et-sporet

Tabel D.19: Tilslutningsanlæg Øresundsmotorvejen.

Nr	Navn	Fodgængere	Cyklister	Trafiktal på broen	Nuværende udformning	Foreslået udformning
16	Lyngby C	Ja	Ja	Ingen data	Traditionel	
13	Gl. Holte	Ja	Ja	Ingen data	Traditionel	
7	Kokkedal	Nej	Nej	Ingen data	Kombination	
5	Humlebæk	Nej	Ja	Ingen data	Traditionel	

Tabel D.20: Tilslutningsanlæg Helsingørmotorvejen.

Nr	Navn	Fodgængere	Cyklister	Trafiktal på broen	Nuværende udformning	Foreslået udformning
2	Mørkhøj	Ja	Ja	Ingen data	Traditionel	
8	Værløse	Nej	Nej	Ingen data	Traditionel	
10	Farum	Nej	Nej	Ingen data	Traditionel	
11	Allerød S	Nej	Ja	Ingen data	Traditionel	
12	Allerød St. 3	Nej	Nej	Ingen data	Traditionel	
16	Hillerød Ø	Nej	Nej	Ingen data	Traditionel	
16	Frederiksværk	Nej	Nej	10464	Traditionel	Et-sporet

Tabel D.21: Tilslutningsanlæg Hillerødmotorvejen.

Nr	Navn	Fodgængere	Cyklister	Trafiktal på broen	Nuværende udformning	Foreslået udformning
1	Hvidore	Ja	Ja	23296	Traditionel	To-sporet
3	Vallensbæk N	Nej	Ja	Ingen data	Traditionel	
9	Trekroner	Nej	Nej	Ingen data	Traditionel	
14	Roskilde V	Nej	Nej	Ingen data	Kombination	
19	Holbæk C	Nej	Ja	Ingen data	Rundkørsel	

Tabel D.22: Tilslutningsanlæg Holbækmotorvejen.

Nr	Navn	Fodgængere	Cyklister	Trafiktal på broen	Nuværende udformning	Foreslået udformning
33	Lellinge	Nej	Ja	Ingen data	Traditionel	
34	Herfølge	Nej	Nej	Ingen data	Traditionel	
41	Vordingborg	Nej	Ja	Ingen data	Traditionel	
43	Nørre Aslev	Nej	Ja	Ingen data	Traditionel	
45	Guldborg	Nej	Nej	Ingen data	Traditionel	

Tabel D.23: Tilslutningsanlæg Sydmotorvejen.

Nr	Navn	Fodgængere	Cyklister	Trafiktal på broen	Nuværende udformning	Foreslået udformning
15	Søgård	Nej	Ja	5031	Rundkørsel	Rundkørsel
13	Avnbøl	Nej	Nej	Ingen data	Rundkørsel	
10	Sønderborg	Nej	Nej	9197	Rundkørsel	Et-sporet

Tabel D.24: Tilslutningsanlæg Sønderborgmotorvejen.