AALBORG UNIVERSITET
STUDENTERRAPPORT

Anvendelse af mikrosimulering til konfliktstudie

Veje & Trafik
Kandidat
4. Semester
Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITET
STUDENTERRAPPORT

Det Teknisk-
Naturvidenskabelige Fakultet
Byggeri og Anlæg
Thomas Manns Vej 23
9220 Aalborg Øst

Titel

Anvendelse af mikrosimulering til konfliktstudie

Projekttype

Kandidatspeciale

Projektperiode

1. februar 2019 - 14. juni 2019

Forfattere

Simone Dalsgaard Thomsen
Kaare Momme Nielsen

Vejleder

Tanja Kidholm Osmann Madsen

Forsidebillede

Forsidebilledet er et udklip af videomaterialet fra projektlokaliteten

Antal sider 96
Appendiks 5
Afsluttet d. 14. juni 2019

Forord

Denne rapport udgør et afsluttende kandidatspeciale på 4. semester af civilingeniøruddannelsen Veje og Trafik på Aalborg Universitet. Projektet er udarbejdet over perioden d. 1. februar 2019 til d. 14. juni 2019.

I projektet undersøges anvendeligheden af mikroskopisk trafiksimulering til udarbejdelse af et konfliktstudie. I projektet benyttes programmerne VISSIM og SSAM. VISSIM [PTV Group, 2018] er et trafiksimuleringsprogram fra Tyskland og er udarbejdet af PTV Group. SSAM [Transportation - Federal Highway Adminstartion, n.d.] står for Surrogate Safety Assessment Model, hvilket er et amerikansk konfliktsimuleringsværktøj, der er udviklet af Federal Highway Administration. Desuden anvendes T-Analyst [Lund Universitet, 2019], hvilket er et semi-automatisk program til analysering af konflikter udviklet af Lund Universitet.

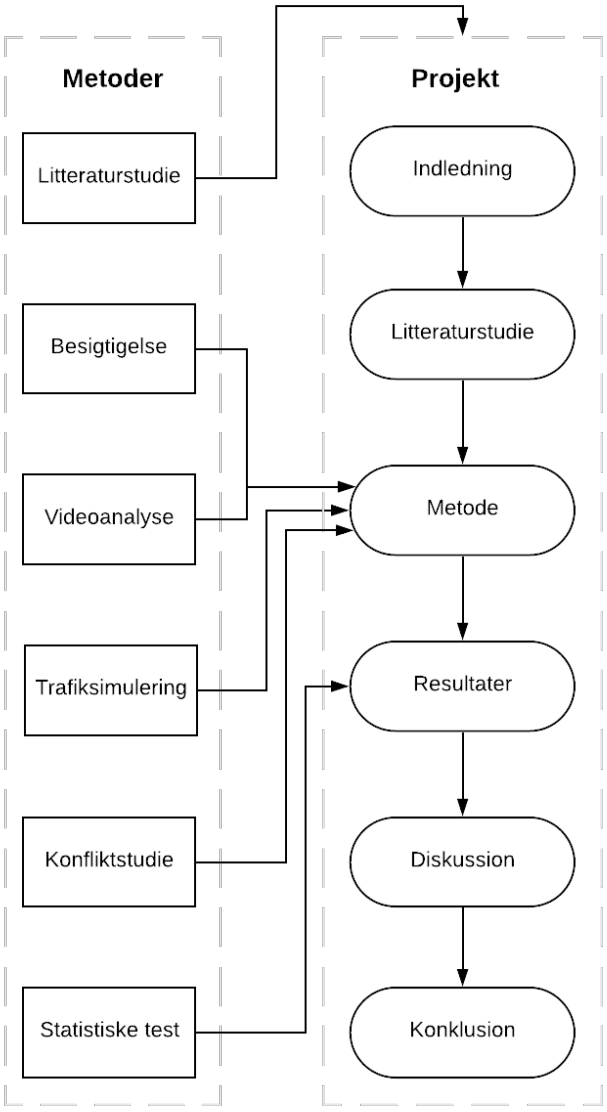
Projektet er udarbejdet med vejledning fra Tanja Kidholm Osmann Madsen fra Aalborg Universitet. Stor tak til Tanja Kidholm Osmann Madsen for god vejledning og et godt samarbejde.

Læsevejledning
Dette projekt omfatter rapport, appendiks samt elektroniske bilag. Der benyttes elektroniske bilag, da projektet indeholder store datamængder, der lettere præsenteres i et elektronisk bilag frem for projektrapporten. En liste over de vedlagte elektroniske bilag kan ses i appendiks A. Rapporten indeholder figurer og tabeller, der er nummereret efter kapitlet, hvori figuren eller tabellen fremtræder. Eksempelvis vil den første figur eller tabel præsenteret i kapitel 1 have henholdsvis henvisningen *figur 1.1* eller *tabel 1.1*.

Kildehenvisninger i rapporten står efter Harvard-metoden og gengives i teksten som følgende [Efternavn, årstal]. Kildehenvisninger placeret i en sætning vil henvise til denne sætning. Kildehenvisninger efter punktum vil henvise til hele det foregående afsnit. Kilder i rapporten kan findes i litteraturlisten, hvor kilderne fremtræder i alfabetisk rækkefølge efter forfatters efternavn eller institutionens navn.

Projektets lokalitet er det prioriterede firbenede kryds Bejstrupvej/Manstrupvej/Manstrup Strandvej. For klarhedens skyld i rapporten opdeles Bejstrupvej i to vejgrene og vil gennem rapporten benævnes som Bejstrupvej Øst og Bejstrupvej Vest, der adskilles af krydsområdet.

I projektet anvendes en række forskellige metoder til udførelse af projektet. Metoderne, og hvor i projektet de anvendes, kan ses på procesdiagrammet på figur 1. Procesdiagrammet illustrere desuden projektets opbygning.



Figur 1. Procesdiagram der illustrerer de anvendte metoder i projektet, og til hvilke dele af projektet de er benyttet.

Abstract

In recent years the use of traffic simulation models for conducting conflict safety evaluation has been proposed as a surrogate safety measure instead of the traditional traffic conflict technique. The method makes it possible to analyze the simulated vehicle trajectories and from safety indicators find conflicts at a given location. This method has the ability to make a safety assessment of different road designs in project planning before making the changes. Also, the method can estimate simulated conflicts without the need for observing traffic at the location. The software Surrogate Safety Assessment Model (SSAM) can estimate traffic conflicts with the use of trajectories from microsimulation models, such as the microscopic traffic simulation program VISSIM.

It is however questionable whether traffic simulation has the ability to simulate the unsafe interactions between vehicles leading to traffic conflicts and collisions and thereby recreate the real traffic behaviour at the given location. Different studies investigate the validity of this method in the conlict safety evaluation and the amount of calibration needed to realistically represent the behaviour. Most studies investigate the use of microsimulation models for safety assessment at signalized intersections in city areas focusing on back-end conflicts. Studies regarding this method at unsignalized intersections in rural areas with focus on all types of conflicts is however still limited and need to be further investigated.

The objective of this study is to validate the use of VISSIM and SSAM by comparing field-measured conflictdata, from a previous study, with simulated conflicts both at an unsignalized intersection in a rural area. Two models in VISSIM was generated to investigate the effect of calibrating the model. The first model uses parameters from *Vejdirektoratet*, and in the other model certain behavioral parameters was calibrated to match the behaviour at the project location. Video data from the existing safety analysis from the project's location were used to calibrate the model. Vehicle trajectories from VISSIM were extracted and used in SSAM. The safety indicators TTC and PET used to register conflicts in SSAM were found by making a literature study.

When comparing the conflicts between the two models, it was found that the calibration did not have a significant impact on conflicts. However, when comparing the results from the simulations with the results from the existing study, it was found that there was a significant difference between the conflicts. The results make it questionable whether VISSIM and SSAM are able to correctly identify conflicts at unsignalized intersections in rural areas, and how significantly the uncertainties in the calibration effected the results. It is concluded that this subject needs to be further investigated.

Synopsis

I de senere år er brugen af trafiksimuleringsmodeller til brug i konfliktsikkerhedsarbejdet blevet foreslået som en erstatning for den traditionelle trafikkonfliktteknik. Metoden gør det muligt at analysere de simulerede køretøjers trajectories og ud fra sikkerhedsindikatorer finde konflikter på en given lokalitet. Denne metode har evnen til at foretage en sikkerhedsvurdering af forskellige vejdesignes i projektplanlægningen, inden ændringerne foretages. Til udarbejdelse af en trafiksimuleringsmodel kan det mikroskopiske trafiksimuleringsprogram VISSIM anvendes. Til analysering af trafikanternsbaner og identificering af konflikter i simuleringsmodellen kan konfliktsimuleringsprogrammet SSAM (Surrogate Safety Assessment Model) anvendes.

Det er imidlertid tvivlsomt, om trafiksimulering kan simulere trafikale interaktioner mellem køretøjer, der fører til konflikter og kollisioner, og derved genskabe den rigtige trafikadfærd på en given lokalitet. Forskellige studier undersøger validiteten af anvendelsen af trafiksimulering til et konfliktstudie, og mængden af kalibrering, der er nødvendig for realistisk at repræsentere adfærden i virkeligheden. De fleste studier undersøger anvendelsen af mikrosimulering til konfliktstudie ved signalregulerede kryds i byområder med fokus på bagendekonflikter. Studier der undersøger prioriterede kryds i åbent land med fokus på alle former for konflikter er dog stadig begrænset og skal undersøges nærmere.

Formålet med dette projekt er at validere brugen af VISSIM og SSAM. Dette gøres ved at anvende et eksisterende konfliktstudie fra den udvalgte projektlokalitet, der har anvendt et traditionelt konfliktstudie som sammenligningsgrundlag. I projektet er der opstillet to modeller i VISSIM. Dette er gjort for at undersøge effekten af en kalibreret VISSIM model, der er indstillet efter den observerede trafikantadfærd på lokaliteten, frem for en model, der er indstillet på baggrund af standardværdier fra *Vejreglerne*. Videomaterialet fra det eksisterende konfliktstudie fra projektets lokalitet blev brugt til at kalibrere VISSIM modellen. Til identificering af konflikter i SSAM blev sikkerhedsindikatorerne TTC og PET anvendt, der blev fundet ved at lave et litteraturstudie.

Ved sammenligning af konflikterne mellem de to VISSIM modeller blev det konstateret, at kalibreringen ikke havde nogen væsentlig indflydelse på resultaterne. Hvis resultaterne fra det simulerede konfliktstudie sammenlignes med resultaterne fra den eksisterende konfliktstudie, kan det konkluderes, at der er en signifikant forskel mellem både antal konflikter og konfliktsituationerne. Resultaterne gør det tvivlsomt, om VISSIM og SSAM er i stand til på korrekt vis at identificere konflikter i prioriterede kryds i åbent land, og hvor væsentligt usikkerheden er i kalibreringen. Det konkluderes, at dette emne skal undersøges nærmere.

Indholdsfortegnelse

Kapitel 1 Indledning **1**
1.1 Projektbeskrivelse . . . 3
1.2 Problemformulering . . . 4

Kapitel 2 Litteraturstudie **5**
2.1 Litteratursøgning . . . 5
2.2 Konfliktstudie . . . 7

Kapitel 3 Metode **19**
3.1 Projektlokalitet . . . 20
3.2 Trafiksimulering . . . 22
3.3 Konfliktstudie . . . 42
3.4 Grænseværdier for trafiksikkerhedsindikatorer . . . 44
3.5 Sammenligning . . . 46

Kapitel 4 Resultater **49**
4.1 Konfliktstudie med T-Analyst . . . 49
4.2 Konfliktstudie med SSAM . . . 51
4.3 Sammenligning . . . 54

Kapitel 5 Diskussion **60**
5.1 Resultater . . . 60
5.2 Trafiksimulering . . . 62
5.3 Konfliktstudie . . . 66
5.4 Ændring af metoder . . . 68
5.5 Anvendelse af trafiksimulering til konfliktstudie . . . 68
5.6 Fremtidige studier . . . 69

Kapitel 6 Konklusion **71**

Litteraturliste **73**

Appendiks A Liste over elektroniske bilag **76**

Appendiks B Fremgangsmåde ved litteratursøgning **77**

Appendiks C Trafiktal **79**

Appendiks D Konfliktdiagrammer **82**

Appendiks E Statistisk test af resultater **86**

Indledning 1

Trafiksikkerhedsarbejdet på en given lokalitet er traditionelt baseret på en analyse af de forekommende uheld. Denne metode giver imidlertid en række begrænsninger. I uheldsanalysen betragtes uheld over en længere periode på typisk fem år [Vejdirektoratet, 2015]. Hertil vil datagrundlaget ofte være begrænset, da uheld forekommer sjældent [Laureshyn og Varhelyi, 2018]. At der typisk betragtes uheld over en femårigperiode, gør desuden at forskellige forhold på lokaliteten kan forandre sig, såsom udvikling af sikkerheden i køretøjer eller stedsspecifikke faktorer på lokaliteten, der dermed ændrer trafiksikkerhedsbilledet. Derudover udgøres de registrerede uheld af efterrapporteringer, som kan være baseret på de implicerede parters subjektive beretning om uheldet. [Laureshyn og Varhelyi, 2018]. Uheld sker desuden med en grad af tilfældighed, der kan forklares ud fra en række tilstedeværende uheldsfaktorer på uheldstidspunktet. Uheldet kan derfor skyldes mange faktorer, der kan tillægges lokaliteten, trafikanten eller vejen. Flere af disse faktorer kan tilfældigt forekomme samtidig, hvormed uheldet er en enestående hændelse, der ikke vil forekomme igen [Laureshyn, 2010]. En anden begrænsning ved at basere trafiksikkerhedsarbejdet på uheld er, at der findes mørketal. Alle uheld registreres ikke af politiet, og dermed giver uheldene ikke nøvendigvis et repræsentativt billede af trafiksikkerheden. [Lahrmann, 2015].

Tilbage i tiden blev der på andre fagområder såsom flytransport, i generelle arbejdsprocesser, på arbejdspladser og i bilindustrien kigget på nær-uheld ved undersøgelse af sikkerheden. Overvejelser blev derfor gjort om konceptet kunne overføres til trafiksikkerhedsarbejdet [Hydén, 1987, s. 12]. De første undersøgelser om trafiksikkerhed, baseret på trafik konflikter, blev foretaget i 1950-1960'erne. Studierne var succesfulde, og de medførte at flere lande udviklede deres egne trafik konflikt observationsteknikker i 1970'erne. [Laureshyn m.fl., 2016].

Et stort projekt i USA, i 1985 foretaget af the Federal Highway Administration's sikkerheds- og trafikafdeling, omhandlende uheld undersøgte forholdet mellem trafikale konflikter og uheld. Konklusionen på projektet var, at konflikter vurderer uheldsbilledet lige så præcist, som en vurdering på baggrund af uheldsdata. Evalueringer er baseret på data både for uheld og konflikt vurderes at give et mere præcist billede end studier af uheld og konflikter hver for sig. [D.J. Migletz og Bauer, 1985]. Ligeledes anbefales det i en teknisk rapport af Laureshyn og Varhelyi [2018], at udførelse af konfliktstudier bør suppleres med andre studier i form af trafiktællinger, hastighedsmålinger, adfærdsobservation og uheldsdata, da det vil give et bedre billede af sikkerheden på en given lokalitet [Laureshyn og Varhelyi, 2018].

At anvende konflikter i trafiksikkerhedsarbejdet har en række fordele i forhold til uheld. På en lokalitet forekommer der flere konflikter sammenlignet med uheld, hvilket vil give et større datagrundlag og et indblik i trafiksikkerheden på kortere tid [Laureshyn og Varhelyi, 2018]. For hvert uheld med personskade involveret vil der forekomme mange flere konflikter. Ifølge Lund Universitet [1992] vil der for hvert uheld forekomme op mod 40.000 konflikter [Lund Universitet, 1992, s. 7], og ifølge Gettman m.fl. [2008] vil der forekomme 20.000 konflikter [Gettman m.fl., 2008, s. 4]. Trafikale konflikter kan observeres manuelt ud fra videomateriale fra lokaliteten, derved kan konflikter gennemses af fagpersoner, der kan observere adfærden og opfange mere information, end der er tilgængeligt i

uheldsrapporter. [Laureshyn og Varhelyi, 2018]. Derudover kan der på baggrund af et konfliktstudie udføres forbedringer af trafiksikkerheden på en lokalitet før der opstår uheld, hvormed konfliktstudiet kan fungere forbyggende. [Laureshyn og Varhelyi, 2018]

Før i tiden blev konflikter observeret manuelt, hvilket var tids- og ressourcekrævende. Den teknologiske udvikling gør processen i et konfliktstudie lettere. Dette ses ved udvikling af semi-automatiske detekteringsprogrammer, der kan analysere konflikter på baggrund af videomateriale. Af semi-automatiske programmer findes eksempelvis RUBA [Aalborg Universitet, n.d.], der er udviklet af Aalborg Universitet, og T-Analyst [Lund Universitet, 2019], der er udviklet af Lund Universitet. I de senere år undersøges det om metoder såsom tracking og mikroskopisk trafiksimulering kan anvendes til konfliktstudier.

Tracking er et fuldautomatisk program. Denne metode kan bestemme køretøjers position, hastighed, acceleration og kurs. Dermed fjernes en stor del af det manuelle arbejde, der er forbundet med semi-automatiske konfliktstudier, hvormed processen effektiviseres. [Laureshyn, 2010]

Mikroskopisk trafiksimulering er en metode, der ud fra mikroskopiske trafikmodeller kan simulere trafik. Mikrosimulering har været et værktøj til kapacitetsanalyser for vejnet. Det er imidlertid interessant, om brugen af trafiksimuleringer kan udvides til også at blive benyttet til vurdering af trafiksikkerheden i et vejnet. Det er muligt at udføre et konfliktstudie baseret på trafiksimulering, da der er udviklet programmer, der på baggrund af data fra trafiksimuleringsfilerne, der omfatter trafikanternes baner i vejnettet, kan analysere trafiksikkerheden.

Fordelen ved at anvende trafiksimulering til analyse af trafiksikkerheden er, at der ikke behøves den samme mængde data fra lokaliteten i form af optagelser, der skal analyseres. Desuden kan trafiksimuleringsmodellen på langt kortere tid foretage en trafiksikkerhedsanalysere i forhold til et traditionelt konfliktstudie. Dermed kan der spares mange ressourcer ved denne metode. Derudover kan trafiksimulering som metode have en fordelagtig anvendelse i planlægningsarbejdet af nye vejanlæg eller ved ombygning af eksisterende vejanlæg. Vejanlæg vil dermed ikke kun anlægges ud fra kapaciteten, men vil desuden kunne blive vurderet og forbedret trafiksikkerhedsmæssigt inden anlæggelsen. Dette gør det muligt at afværge mulige fremtidige uheld. Det er imidlertid vigtigt for anvendelsen af trafiksimuleringen som metode i et konfliktstudie, at adfærden på lokaliteten er afspejlet i trafiksimuleringsmodellen, for at vise det korrekte trafiksikkerhedsbillede. Dette kan sikres igennem indstilling af trafikken og af kørselsadfærden.

I en række studier undersøges anvendelsen af trafiksimulering til udførelse af konfliktstudier. Hertil benyttes det mikroskopiske trafiksimuleringsprogram VISSIM [PTV Group, 2018] til udførelse af trafiksimuleringen, og konfliktsimuleringsværktøjet SSAM [Transportation - Federal Highway Adminstartion, n.d.] til vurdering af trafiksikkerheden ved analysering af konflikter og uheld. De fleste studier har undersøgt konflikter i signalregulerede kryds i byområder med fokus på bagendekonflikter. Dette ses blandt andet i studierne af Huang m.fl. [2012] og Essa og Sayed [2015a], hvorudfra det konkluderes, at VISSIM og SSAM kan anvendes til at vurdere trafiksikkerheden med fokus på bagendekonflikter i signalregulerede kryds [Huang m.fl., 2012], [Essa og Sayed, 2015a]. I et andet studie af Gallelli m.fl. [2017] undersøges evalueringen af trafiksikkerheden ved anvendelse af VISSIM og SSAM af rundkørsler i forhold til bagendekonflikter. I studiet konkluderes, at trafiksimulering kan anvendes til vurdering af trafiksikkerheden for bagendekonflikter i rundkørsler [Gallelli m.fl., 2017].

Undersøgelser omhandlende anvendelsen af VISSIM og SSAM til konfliktstudier i prioriterede kryds og i åbent land er meget begrænset. Det har i en litteratursøgning ikke været muligt at finde et konfliktstudie udarbejdet på prioriterede kryds i åbent land. Desuden har studierne hovedsageligt haft fokus på bagendekonflikter og ikke krydsende konflikter. Det vil derfor være interessant at undersøge,

om det er muligt at simulere kørselsadfærden i et prioriteret kryds på åbent land for alle typer af konflikter og herudfra vurdere trafiksikkerheden.

1.1 Projektbeskrivelse

I projektet ønskes det at undersøge anvendeligheden af mikroskopisk trafiksimulering til udarbejdelse af et konfliktstudie. Undersøgelsen skal foretages ved brug af trafiksimuleringsprogrammet VISSIM [PTV Group, 2018] og konfliktsimuleringsværktøjet SSAM [Transportation - Federal Highway Adminstartion, n.d.].

Projektlokaliteten er valgt til det prioriterede firbenede kryds Bejstrupvej, Manstrupvej og Manstrup Strandvej, der kan ses på figur 1.1. Ved brug af VISSIM simuleres trafikken på den givne lokalitet ud fra indsamlet data baseret på videomateriale og en besigtigelse af lokaliteten. Simuleringen udføres ved forskellige scenarieopbygninger for at undersøge, hvilken effekt forskellige model opsætninger har på konfliktstudiet. Simuleringsfilerne indsættes i SSAM, hvor programmet analyserer konflikter og uheld ud fra trafiksikkerhedsindikatorer, der definerer hvornår en hændelse er en konflikt.

Figur 1.1. Projektlokalitet der udgøres af det prioriterede firbenede kryds med vejgrenene Bejstrupvej, Manstrupvej og Manstrup Strandvej.

På lokaliteten blev der i 2017 udført et konfliktstudie [Tanja Madsen og Lahrmann, 2017]. Det eksisterende konfliktstudie anvendes som sammenligningsgrundlag af VISSIMs og SSAMs egnethed til at udføre et konfliktstudie. Dette gøres ved, at sammenligne resultater. Desuden sammenlignes resultaterne fra projektets konfliktstudie med et litteraturstudie omhandlende anvendelsen af trafiksimulering til konfliktstudie.

1.2 Problemformulering

I projektet er der opstillet følgende problemformulering:

Kan trafiksimuleringsprogrammet VISSIM og konfliktsimuleringsværktøjet SSAM anvendes som substitution for et traditionelt konfliktstudie[1] *i prioriterede kryds i åbent land?*

Ovenstående problemformulering opdeles i to problemstillinger:

1. Hvordan stemmer resultater fra konfliktstudiet i SSAM overens med det eksisterende konfliktstudie fra projektlokaliteten?
2. Hvordan stemmer vurderingen af SSAM's anvendelighed i projektet overens med litteratur, der omhandler SSAM til konfliktstudie eller andre metoder til konfliktstudie?

[1] Et traditionelt konfliktstudie defineres her som værende semi-automatisk ved brug af videoanalyseprogrammer

Litteraturstudie 2

I dette projekt udføres der et litteraturstudie for at opnå et vidensgrundlag til belysning af den opstillede problemformulering. Dette kapitel er opdelt i et afsnit, der beskriver litteratursøgningsprocessen efterfulgt af et afsnit, der beskriver metoder til konfliktstudie, bagvedliggende teori og studier omhandlende anvendelsen af programmerne VISSIM og SSAM i et konfliktstudie.

2.1 Litteratursøgning

Dette afsnit omfatter søgeprocessen i litteraturstudiet. Litteraturstudiet skal afdække eksisterende viden omkring konfliktstudie, VISSIM og SSAM, hvor der søges på litteratur både nationalt og internationalt. Denne viden indsamles gennem litteratur, der findes via en række databaser ved hjælp af relevante søgeord og søgeteknikker. Litteraturstudiet tilrettelægges med en systematisk og struktureret litteratursøgning, hvor både søgeord, søgeteknikker og databaser udvælges velovervejet. Derved sikres erhvervelse af relevant litteratur.

2.1.1 Søgeord

I projektet benyttes udvalgte søgeord til at finde relevant materiale inden for emnerne konfliktstudie, VISSIM og SSAM. Sammensætning af bestemte søgeord kan effektivisere søgeprocessen. Derfor klarlægges relevante søgeord efter emne. Søgeordene for hvert emne kan ses i tabel 2.1.

Tabel 2.1. Tabellen viser hvilke søgeord, der er brugt til hvert emne.

Emne:	**Konfliktstudie**	**VISSIM**	**SSAM**
Søgeord:	Traffic conflict	VISSIM	SSAM
	Safety evaluation	Microsimulation	Simulation
	Traffic conflict technique	Model	Transferbility
	Vehicle tracking	Calibration	Microsimulation / Microscopic simulation
	Unsignalized intersection	Validation	Surrogate safety assessment
	Surrogate safety indicators	Behaviour	Conflict
	TTC	Parameter	
	PET	Car-following	

2.1.2 Søgeteknikker

For at gøre litteratursøgningen mere specifik anvendes en række søgeteknikker. I søgeprocessen bruges trunkering, hvor tegnet "*" gør, at søgningen foregår på ordets stamme, og dermed medtages ordet med forskellige endelser. Derudover anvendes frasesøgning, hvor der ved hjælp af anførselstegn sikres, at søgningen sker på hele sætningen og med ordene i den korrekte rækkefølge. Desuden anvendes boolske operatorer såsom OR, AND og NOT for at søge på forskellige kombinationer af søgeord. Funktionen "OR" benyttes til at finde litteratur inden for et emne, der kan beskrives med flere ord med samme betydning. Dette kunne eksempelvis være *"traffic model" OR trafficsimulation*. Funktionen "AND" benyttes til at søge på flere ord, der alle skal indgå i søgeresultatet. Funktionen "NOT" bruges, hvis der findes ord, som skal udelukkes fra søgningen, hvorved søgningen kan præciseres og det relevante materiale findes. En søgning kan bestå af en sammensætning af ovenstående søgeteknikker for at gøre søgningen mere specifik. [Aarhus Universitet, 2018]

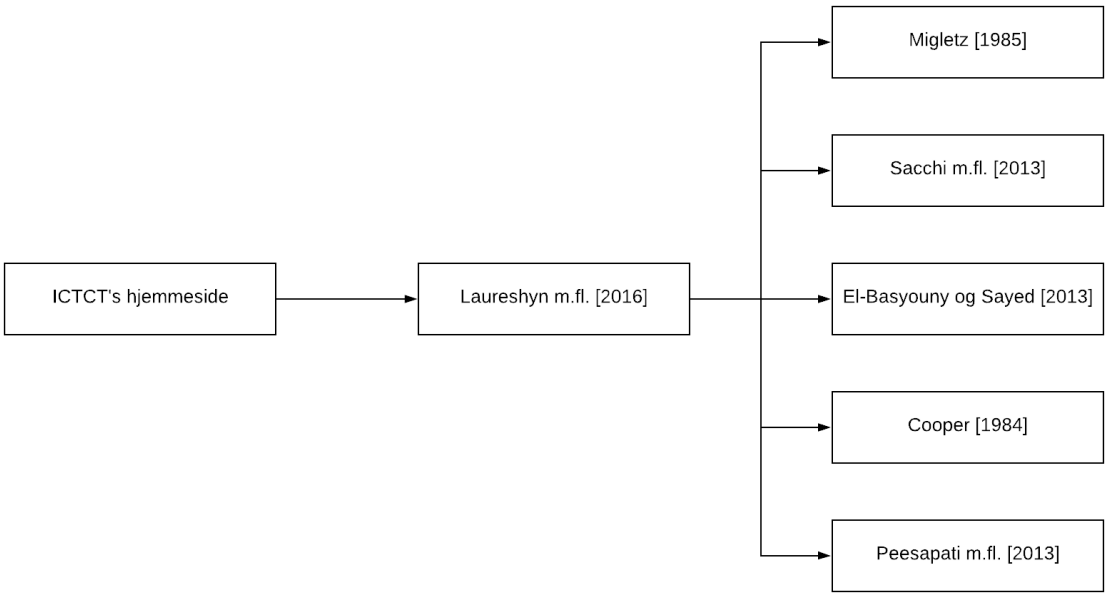
Eksempel på anvendelsen af søgeteknikker på emner inden for konfliktstudie:

"Safety evaluation" AND (TTC OR PET) AND "traffic conflict"

Eksempel på anvendelsen af søgeteknikker på emner inden for VISSIM og SSAM:

("Microsimulation model" OR VISSIM) AND (SSAM OR "Surrogate safety assessment")*

I søgeprocessen blev søgeteknikken *sneboldsøgning* (snowball searching) anvendt. Dette er en søgeteknik, hvor fundet litteratur danner baggrund for en videre litteratursøgning ved at anvende referencer fra den oprindelige litteratur [Det Informationsvidenskabelige Akademi, n.d.]. Eksempelvis blev en artikel af Laureshyn m.fl. [2016], fundet på ICTCT's hjemmeside, førte til fem andre artikler, hvilket ses illustreret på figur 2.1.



Figur 2.1. Illustration af sneboldsøgning.

2.1.3 Databaser inden for litteratur

For at få brugbart materiale passende til projektet anvendes relevante databaser med tekniske rapporter og artikler.

- ScienceDirect
- TRID
- Academia
- Primo (Aalborg Universitets biblioteks søgemaskine)
- Vejdirektoratets Vejregelportal

I projektet benyttes der hovedsageligt databaserne ScienceDirect og TRID og Primo. ScienceDirect er en database, der omfatter litteratur inden for forskellige fagområder heriblandt ingeniørvidenskab. TRID (Transport Research International Documentation) er en database med faglitteratur inden for transportområdet. Academia er en database, hvor akademikere kan dele deres artikler. Primo er Aalborg Universitets biblioteks søgemaskine. Søgemaskinen indeholder mange fagområder og mange forskellige former for materiale. Derudover anvendes databasen Vejregelportalen til at finde vejdirektoratets vejregler omfattende specifik viden inden for den danske vejsektor.

Litteraturen er valgt på baggrund af artiklernes abstract og relevans for dette projekt. Der udvælges kun dansk og engelsk litteratur. Processen og resultater af litteratursøgningen med søgeord, søgeteknikker og databaser for dette projekt er gengivet i appendiks B.

2.2 Konfliktstudie

Kapitlet omfatter en beskrivelse af forskellige metoder til udførelse af konfliktstudie. Dette efterfølges af en præsentation af den grundlæggende teori om trafikkonfliktteknikken, der danner baggrund for konfliktstudier. Dernæst er der udført et litteraturstudie af trafiksikkerhedsindikatorer anvendt i konfliktstudier, samt et litteraturstudie omhandlende erfaringer om anvendelsen af trafiksimulering til konfliktstudier med programmerne VISSIM og SSAM.

2.2.1 Metoder til konfliktstudie

I dette afsnit beskrives forskellige metoder til udførelse af et konfliktstudie: manuel observation, semi-automatisk detektering, fuldautomatisk tracking og trafiksimulering.

Konfliktstudie med manuel observation

De første konfliktstudier blev udført ved manuel observation. Fordelene herved var, at det krævede en minimal form for udstyr såsom en hertil uddannet observatør, registreringssedler, blyant, og ur. Senere blev videokameraet en del af udstyret, hvorved observatørerne kunne se de noterede situationer igennem bagefter. Studiet havde høj fleksibilitet angående, hvor og hvornår det skulle udføres. Ulemperne ved det manuelle konfliktstudie var, at der lå et højt ansvar hos observatøren til vurdering af konflikter, tidsregistrering, notering og opmærksomhed, desuden havde vejrforholdene en stor indvirkning på udførelsen af studiet, der var vanskeligere i dårligt vejr. På grund af ulemperne ved manuelle observationer har metoden derfor ikke en høj reliabilitet i forhold til at udføre gentagne akkurate målinger. [Laureshyn og Varhelyi, 2018]

Interessen for trafikkonfliktteknikken faldt i 1990'erne, da den tids manuelle observering af konflikter var forbundet med en række ulemper. Ny teknologi og udvikling af videoanalyse teknikker gør konfliktstudiet lettere, og har dermed bragt mere interesse tilbage til trafikkonfliktteknikken. [Laureshyn m.fl., 2016]

Konfliktstudie med semi-automatiske programmer

Konfliktstudier ved anvendelse af semi-automatiske programmer betyder, at der er anvendt computerbaseret teknologi og udviklede programmer til detektering og analysering af konflikter. At det er semi-automatisk indikerer, at dele af konfliktstudiet foretages ved manuel observering. [Laureshyn og Varhelyi, 2018]

Fordele ved et konfliktstudie, hvor en semi-automatisk metode er anvendt i forhold til manuel observering, er, at studiet kan udføres mere effektivt. Studiet kan udføres hurtigere, og processen er standardiseret og med akkurate udpegningsprocesser. Ulemperne ved konfliktstudie foretaget ved hjælp af computerprogrammer er, at programmerne indstilles til at detektere bestemte faktorer, hvormed de situationer, som den ikke indstilles til, ikke vil blive detekteret. Hermed er der ment, at menneskelige observatører kan observere flere faktorer og situationer, der ikke er taget højde for ved udgangspunktet. Laureshyn og Varhelyi [2018] anbefaler, at en observatør besigtiger lokaliteten, og gennemser de computerudpegede konflikter som en validering. [Laureshyn og Varhelyi, 2018]

Programmer til håndtering og analysering af konflikter på baggrund af videomateriale er eksempelvis RUBA (Road User Behaviour Analysis), der er udviklet af af Aalborg universitet [Aalborg Universitet, n.d.], og T-Analyst, der er udviklet af Lund Universitet [Lund Universitet, 2019].

Konfliktstudie med semi-automatiske programmer baseret på videoanalyse kan give akkurate målinger, der kan gentages, dermed er det en metode med høj reliabilitet. Udførelsen af akkurate målinger afhænger af videokameraets opløsning, kamera placeringen, kalibreringen og påvirkning af vejrforholdene på videooptagelserne. [Laureshyn og Varhelyi, 2018]. Fordele ved videoanalyser er, at videobillederne er meget illustrative, og dataene kan dække meget information. Processen i analysering af videomaterialet omfatter algoritmer til analyse af strukturen i hvert videobillede og analyse af ændringerne i hvert videobillede. Ulemper ved videodetektering er, at ændring i lyset på videoen kan påvirke til falsk detektering, bilers skygger kan give en forkert detektering af køretøjers positioner, og hvis køretøjer kører for tæt, kan disse opfanges som ét køretøj. I videoanalyseprogrammerne projekteres de 3-dimensionelle videooptagelser ned på et 2-dimensionelt plan. Kalibreringen af dette er vigtig for at undgå fejlkilder i målingerne. [Laureshyn og Varhelyi, 2018]

Outputtet af videoanalyserne kan være i form af trafiktællinger, detektering af kødannelse, trajectories (køretøjernes baner), køretøjernes hastigheder og målinger af afstand i rum og tid mellem køretøjerne, hvorved konflikter kan registreres. [Laureshyn, 2010]

Konfliktstudie ved automatisk køretøjstracking

En anden metode til indsamling af data til konfliktstudie er anvendelse af *tracking*. Ved tracking benyttes der et fuldautomatisk videobaseret trafikanalyse program, der automatisk registrerer trafikanter og deres position. Ved at registrere positionen kontinuerligt er det muligt at bestemme køretøjernes hastighed, acceleration og kurs. Dermed er det muligt ud fra sikkerhedsindkatorer at registrere konflikter.

I et studie af St-Aubin m.fl. [2015] udførtes et storskala projekt med tracking via videomateriale, der blev optaget på kameraovervågning eller forbrugerklasse kamera. I studiet blev der tracket næsten 80.000 køretøjer op til 30 gange i sekundet i ca. 40 rundkørsler. Med baggrund i videooptagelserne er der præsenteret en automatisk video-baseret trajectory analyse, der kombineret med højopløselig trafikdataindsamling og maskinlæringsmetoder kan modellere og forudse konfliktpotentialet. I studiet beskrives det, hvorledes automatisk videoanalyse giver muligheden for større trafiksikkerhedsanalyser. Dette er muligt, da analysen kan foregå automatisk, hvilket er en proaktiv tilgang til konfliktstudiet. St-Aubin m.fl. [2015] vurderer, at metoden har potentialet til at erstatte den traditionelle uheldsanalyse.

Ved hjælp af en optimering, ved brug af maskinlæring, lykkedes det i studiet af St-Aubin m.fl. [2015] at minimere antallet af tracking fejl, således der var mellem 85-94 % sikkerhed i detektering af konflikter. Desuden viste studiet, at tracking kan anvendes til at undersøge trafikantadfærd, bl.a. ved konflikthændelser. Metoden viste dog også nogle udfordringer. For at et kamera skal have de bedste forhold til tracking, skal de optimalt placeres højt (ideelt fugleperspektiv), desuden virker trackingen bedst på køretøjer med en lav *heigt-to-base* ratio, hvilket betyder, at forholdet mellem højde, længde og bredde ikke må være for stor. Dette giver gode betingelser for tracking af personbiler, mens tracking af f.eks. lastbiler og fodgængere er forbundet med større usikkerhed. Derudover vil trackingen blive mere usikker jo længere væk objektet befinder sig fra kameraet, da hver pixel dermed dækker over en større afstand på videooptagelserne. St-Aubin m.fl. vurderer, at der stadig er brug for flere undersøgelser inden for området, men at tracking kan anvendes i trafiksikkerhedsarbejdet. [St-Aubin, Saunier og Miranda-Moreno, 2015]

Konfliktstudie ved trafiksimulering

Ved anvendelse af metoden trafiksimulering til konfliktstudier forsøges det at gengive den trafikantadfærd, der er observeret på en lokalitet i virkeligheden i en mikroskopisk trafiksimuleringsmodel. Ved at genskabe trafikantadfærden i et mikrosimuleringsprogram er det muligt at udføre et konfliktstudie uden at skulle observere konflikterne i virkeligheden [Cunto og Saccomanno, 2008]. Der er to fordele ved at benytte simulering i trafiksikkerhedsarbejdet i stedet for et traditionelt konfliktstudie. Den første fordel er muligheden for at evaluere den sikkerhedsmæssige effekt, før der laves ændringer i vejnettet. Den anden fordel er, at konflikter let kan simuleres uden reelt at skulle observere dem på lokaliteten. Hvis der kan opstilles en trafikmodel, der tilnærmelsesvist kan genskabe virkeligheden, kan denne metode være både ressourcebesparende i forhold til tiden, der skal bruges på konfliktstudiet, og økonomisk, da trafiksikkerhedsarbejdet kan foretages før ombygningen. [Essa og Sayed, 2015b]. Ulempen ved denne metode er om simuleringsmodellen kan afspejle den korrekte trafikantadfærd, som den er i virkeligheden. Kalibreringen af modellen kan derfor være tidskrævende, da der er mange parametre, der har indvirkning på trafikantadfærden.

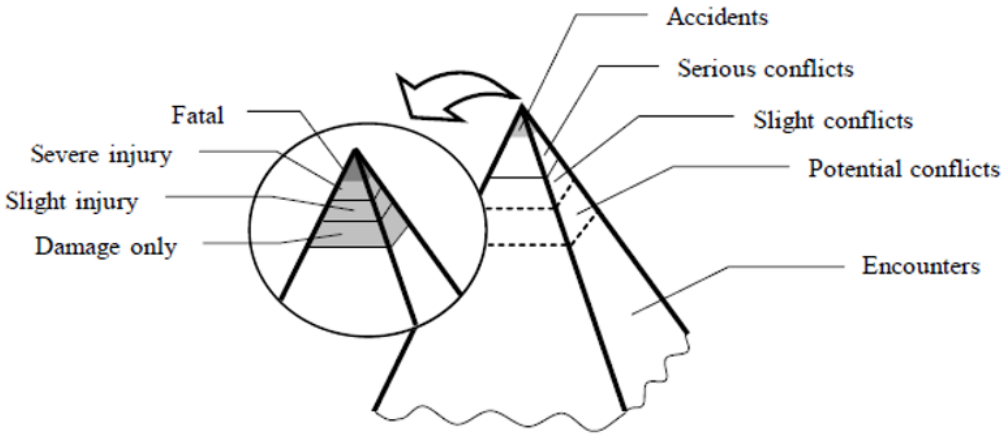
Til mikrosimulering kan der anvendes programmer som VISSIM, AIMSUM, PARAMICS, SISTM og TEXAS. Som konfliktsimuleringsværktøj, til udpegning af konflikter fra simuleringsfilerne, anvendes der SSAM. Værktøjet virker dog på nuværende tidspunkt kun til VISSIM, AIMSUM, PARAMICS og TEXAS [Transportation - Federal Highway Adminstartion, n.d.].

2.2.2 Teori om trafikkonfliktteknikken til konfliktstudie

Teorien bag trafikkonfliktteknik danner baggrund for konfliktstudiet. Denne teori er baseret på, at trafiksikkerhedsarbejdet kan vurderes ud fra analyser af konflikter. Vurdering af trafiksikkerheden foregår ved at betragte den adfærd, der relaterer sig til uheld, men blot ender som konflikter. Denne metode kan hjælpe til at forstå processen, der leder til uheld [Laureshyn og Varhelyi, 2018]. Teorien bagved trafikkonfliktteknikken bygger på, at der er en sammenlignelighed mellem uheld og konflikter. Ved en konflikt foretages der en undvigelse, fx bremsning, acceleration, svingmanøvre, eller en kombination af de forskellige undvigelser, hvorved uheldet undgås. En konflikt kan defineres som følgende:

> *"A traffic conflict is defined as an observable situation of two or more road users where one or both of them take evasive action to avoid an impending collision."[Amundsen, Norges teknisk-naturvitenskapelige forskningsråd og Tekniska högskolan i Lund, 1977].*
>
> *Dansk: "En trafikkonflikt er defineret som en observerbar situation med to eller flere trafikanter, hvor en eller begge foretager en undvigende handling for at undgå en forestående kollision."*

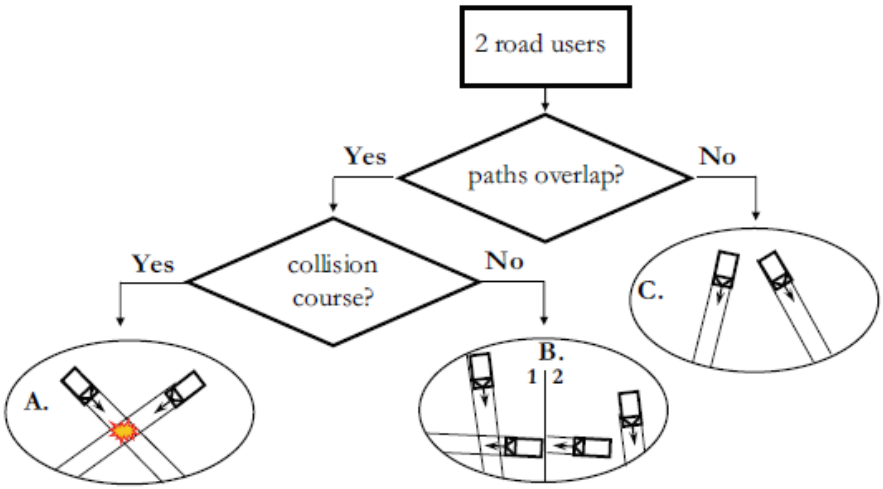
Trafikkonfliktteori er baseret på, at trafik kan opdeles i trafikale begivenheder kategoriseret efter alvorlighed. Der er en sammenhæng mellem graden af alvorlighed og frekvensen af trafikale begivenheder. Denne sammenhæng kan beskrives med en trafiksikkerhedspyramide illustreret på figur 2.2.



Figur 2.2. Trafiksikkerhedspyramide af Laureshyn og Varhelyi [Laureshyn og Varhelyi, 2018] efter ide af Hydén [Hydén, 1987].

Nederst i pyramiden findes den normale sikre interaktion og møde mellem trafikanter (encounters). Her har trafikanterne uhindret og uforstyrret passage. For denne trafik er alvorlighedsgraden lav og disse situationer findes hyppigst i trafikbilledet. Dernæst stiger alvorlighedsgraden til potentielle konflikter (potential conflicts), mindre konflikter (slight conflicts) og alvorlige konflikter (serious conflicts). Her forekommer konflikter, som bliver afværget, og disse vil forekomme mindre hyppigt. Toppen af pyramiden udgøres af den højeste alvorlighedsgrad i form af uheld (accidents), som forekommer mindst hyppigt. Uheld kan opdeles i materielskade (damage only), tilskadekomne (injury) og dødelige uheld (fatal). [Hydén, 1987] og [Laureshyn og Varhelyi, 2018]

Alvorlighedsgraden af de trafikale begivenheder, og dermed om der forekommer en konflikt, kan identificeres ud fra en række faktorer såsom afstand i rum mellem trafikanterne, afstand i tid mellem trafikanterne og størrelsen af decelerationen for at undgå uheldet [Hydén, 1987, s. 31]. Desuden kan der måles på tre konflikttyper: Type A - Trafikanter på kollisionskurs, type B - trafikanter på krydsende forløb og type C - trafikanter med divergerende forløb [Laureshyn, 2010]. Konflikttyperne kan ses illustreret på figur 2.3.

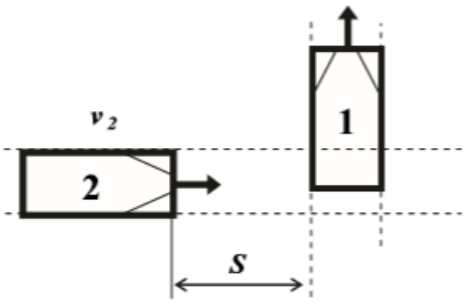


Figur 2.3. Illustration af konflikttyper. Type A - Trafikanter på kollisionskurs, type B - trafikanter på krydsende forløb og type C - trafikanter med divergerende forløb. [Laureshyn, 2010, s.44].

Ud fra de ovenstående faktorer, er der opstillet en række indikatorer, der kan anvendes til at definere en konflikt. I dette projekt fokuseres der på indikatorerne TTC (Time-To-Collision) og PET (Post-Encroachment-Time). Disse to indikatorer er udvalgt, da både TTC og PET er indikatorer for analysering af konflikter i SSAM og i T-Analyst, hvilket er de to programmer, der benyttes i projektets konfliktstudie. Indikatorerne TTC og PET kan dermed give et sammenligningsgrundlag for resultaterne fra de to programmer. Desuden er TTC og PET de mest hyppigt anvendte indikatorer i konfliktstudier [Laureshyn m.fl., 2016]. I T-Analyst registreres TAdv (Time Advantage). Ud fra TAdv kan PET værdien findes, som værende den lavest målte TAdv værdi.

TTC

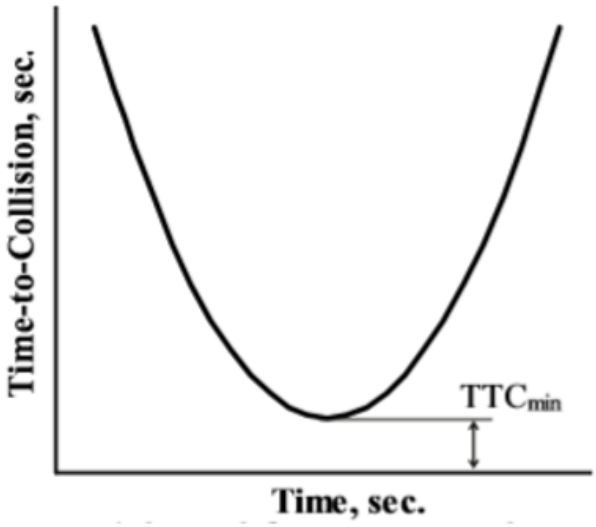
TTC (Time-To-Collision) er en kontinuerlig værdi, som beregner tiden til, at to trafikanter, der er på kollisionskurs, vil kollidere. TTC-værdier beregnes til et hvert tidspunkt i tidsforløbet af mødet mellem to køretøjer, så længe de to køretøjer er på kollisionskurs. TTC er defineret ved afstanden (S) mellem to køretøjer og hastigheden af køretøj nummer 2 (v_2), TTC = S/v_2, som illustreret på figur 2.4. [Laureshyn, 2010].



Figur 2.4. Illustrering af TTC [Laureshyn, 2010, s. 40].

Målinger af TTC-værdier for tidsforløbet mellem mødet af to køretøjer kan beskrives ved hjælp af en TTC-kurve. Den teoretiske kurve for TTC og tidsforløbet kan ses på figur 2.5. Her er TTC angivet i sekunder og måles på y-aksen, og tidsforløbet er ligeledes angivet i sekunder og måles ud af x-aksen. TTC-kurvens forløb påbegyndes, når to trafikanter befinder sig på kollisionskurs. TTC-kurven påvirkes af afstanden mellem de to trafikanter samt køretøj 2's hastighed. Jo mindre afstanden mellem trafikanterne er, jo lavere vil TTC-værdien blive. Det forudsættes i udregningen af TTC-værdierne at

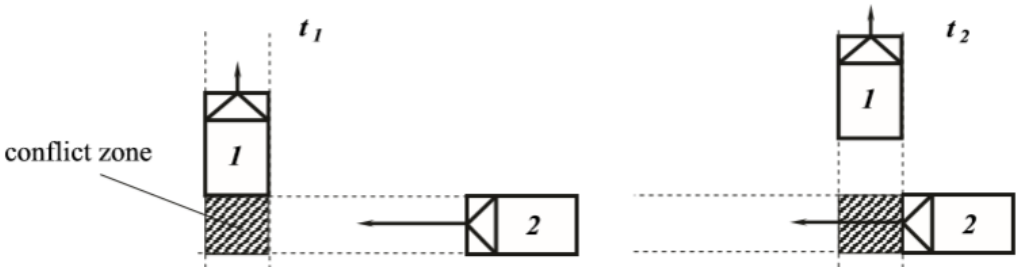
hastigheden er konstant. Kurven vil nå TTC = 0 sek., hvis trafikanterne kolliderer. Hvis trafikanterne undviger uheldet, vil kurven gå mod uendelig, som indikation på, at trafikanter ikke længere er på kollisionskurs.



Figur 2.5. Teoretisk kurve for TTC [Laureshyn, 2010, s. 40].

PET

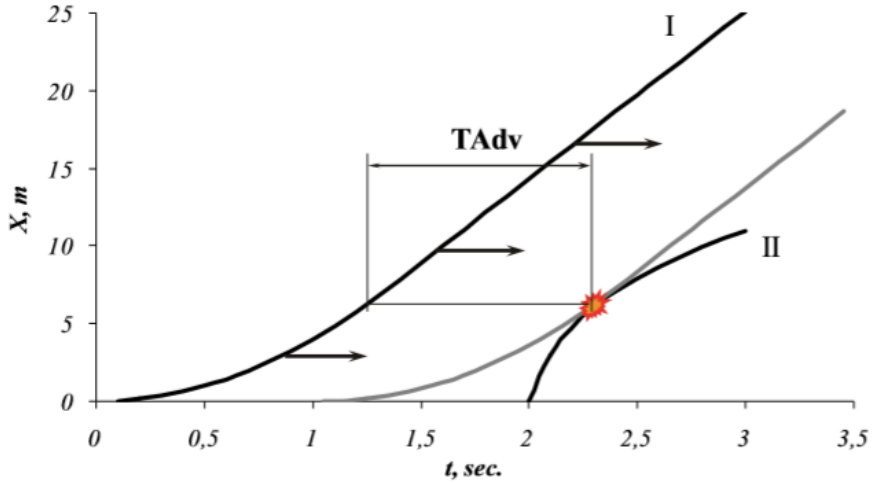
PET (Post-Encroachment-Time) er et mål for tidsafstanden køretøjerne har ind til det konfliktområde, hvor køretøjernes baner skærer hinanden. PET kan defineres som forskellen mellem tidsafstanden fra trafikant 2 til konfliktområdet og tidsafstanden fra trafikant 1 til konfliktområdet, $PET = t2 - t1$. Ved PET er trafikanter ikke på kollisionskurs men derimod på et krydsende forløb. PET er ikke en kontinuerlig værdi, og dermed findes der kun en PET-værdi for hver situation. PET er illustreret på figur 2.6. [Laureshyn, 2010]



Figur 2.6. Illustrering af PET [Laureshyn, 2010, s.43].

TAdv

TAdv (Time Advantage) er en version af værdien PET. I forhold til PET er TAdv kontinuerlig. TAdv findes som resultat i T-Analyst, hvor PET = TAdv ved den mindste forekomne TAdv værdi. TAdv angiver i tid, hvor tæt trafikanterne er på at være på kollisionskurs, hvilket er illustrereret på figur 2.7. Y-aksen angiver afstand i meter, og x-aksen angiver afstand i sekunder. Graferne viser henholdsvis trafikant 1 og 2's individuelle bevægelser. TAdv måles ved tidsafstanden mellem kurverne i sekunder for trafikant 1's bane i forhold til trafikant 2's bane [Laureshyn, 2010]



Figur 2.7. Illustration af TAdv [Laureshyn, 2010, s. 47].

2.2.3 Trafiksikkerhedsindikatorer

I dette projekt benyttes følgende trafiksikkerhedsindikatorer til definition af en konflikt i konfliktstudiet:

- TTC (Time-To-Collision)
- PET (Post-Encroachment-Time)

Holland og Canada er et eksempel på lande, der har udviklet deres egen trafikkonfliktteknik, der anvender trafiksikkerhedsindikatorerne TTC og PET. I den hollandske trafikkonfliktteknik (DOCTOR, The Dutch Conflict Technique) defineres konflikter ud fra indikatorerne TTC og PET. En alvorlig konflikt defineres som TTCmin $\leq$ 1,5 sek. og PET $\leq$ 1 sek. Disse grænseværdier er gældende for byområder. I den canadiske trafikkonfliktteknik (The Canadian Traffic Conflict Technique) defineres konflikter ud fra indikatoren TTC. En alvorlig konflikt er klassificeret ved TTCmin $\leq$ 1,5 sek. [Laureshyn m.fl., 2016]

I studier gennem tiden er forskellige grænseværdier for trafiksikkerhedsindikatorerne TTC og PET blevet anvendt til identificering af trafikale konflikter. Følgende afsnit vil præsentere en række grænseværdier for TTC og PET anvendt i forskellige studier. Beskrivelsen deles op på studiernes anvendte metode i form af manuel observation eller trafiksimulering. Grænseværdierne vil til sidst blive opsummeret i tabeller.

Konfliktstudier med anvendelse af manuel observation:

Der er udført konfliktstudier, hvor den anvendte metode var ved manuelle observationer. Heriblandt kan nævnes studier af Hayward [1971], Cooper [1984], van der Horst [1990], El-Basyouny og Sayed [2013], Peesapati m.fl. [2013], Sacchi m.fl. [2013] og Sacchi og Sayed [2016]. Disse studier undersøger trafiksikkerheden på forskellige lokaliteter ved udførelse af et konfliktstudie, hvor de trafikale konflikter identificeres ud fra anvendelsen af trafiksikkerhedsindikatorerne TTC eller PET. Resultaterne af studierne valideres i forhold til uheldsdata fra de undersøgte lokaliteter. Ud fra studierne kan det konkluderes, at der er en sammenhæng mellem konflikter og uheld, og at metoden konfliktstudie kan anvendes til evaluering af trafiksikkerheden på en lokalitet.

Konfliktstudier med anvendelse af trafiksimulering:

Sayed m.fl. [1993] definerede i et studie en grænseværdi for en konflikt på TTCmin $\leq$ 1,5 sek. I studiet blev prioriterede kryds både i form af T-kryds og firbenede kryds undersøgt. Til undersøgelsen blev

der anvendt trafiksimuleringsprogrammet TSC-Sim. Resultaterne blev vurderet ud fra litteratur og valideret ud fra virkelige observationer for andre prioriterede kryds. Studiet konkluderer, at resultaterne fra simuleringen stemmer overens med de virkelige observationer. [Sayed m.fl., 1993]

Archer [2005] har i et studie undersøgt brugen af TTC og PET som sikkerhedsindikator for simulerede konflikter i prioriterede T-kryds i byer og forstæder. Grænseværdierne i studiet blev sat til TTCmin $\leq$ 3,5 sek. og PET $\leq$ 1,5 sek. for alvorlige konflikter. Grænseværdierne er sat højt i studiet, da det ønskes at indsamle meget data. I studiet blev programmerne VISSIM og SSAM anvendt. Som resultat var der kun moderat succes, men hvis grænseværdierne blev sænket, gav det bedre resultater, og viste en sammenhæng mellem de simulerede resultater og med dataene fra virkelige observationer. Archer [2005] konkluderer, at mikrosimulering og sikkerhedsindikatorerne kræver videre undersøgelse. [Archer, 2005].

Caliendo og Guida [2012] definerede i et studie grænseværdierne TTCmin $\leq$ 1,5 sek. og PET $\leq$ 5 sek. for en konflikt i prioriterede kryds i byområder. I studiet blev mikrosimulering anvendt. Resultatet af studiet var, at forholdet mellem kritiske konflikter fundet på baggrund af simulering og uheldsdata fra lokaliteterne var ens. [Caliendo og Guida, 2012]

Fan m.fl. [2012] undersøgte i et studie flere forskellige TTC-værdier. Med grænseværdien TTCmin $\leq$ 2,1 sek. for konflikter, viste resultaterne en sammenhæng mellem simulerede konflikter og konflikter observeret i virkeligheden. Studiet undersøgte bagendekonflikter og baneskift konflikter på motorvej. De observerede konflikter blev indsamlet manuelt, og de simulerede konflikter blev registreret med programmerne VISSIM og SSAM. [Rong Fan og Wang, 2013]

I et studie undersøgte Huang m.fl. [2012] anvendelsen af VISSIM og SSAM som sikkerhedsvurdering af bagendekollisioner i signalregulerede kryds. Testen blev foretaget ved sammenligning af simulerede konflikter og de observerede konflikter. Grænseværdien TTCmin $\leq$ 1,6 sek. for konflikter skabte bedst overensstemmelse mellem de simulerede konflikter og observationer fra virkeligheden, og viste at der var en god sammenhæng. [Huang m.fl., 2012]

Essa og Sayed [2015] definerer i et studie konflikter ved grænseværdien TTCmin $\leq$ 3 sek. Studiet har fokus på bagendekonflikter i signalregulerede kryds i byområder. I studiet anvendes programmerne VISSIM og SSAM. Resultaterne fra simuleringen viste, at jo højere grænseværdi for TTC, jo højere overensstemmelse var der mellem simulerede konflikter og konflikter fra virkeligheden. Den bedste sammenhæng blev fundet ved TTCmin $\leq$ 3 sek. [Essa og Sayed, 2015b]

I en rapport af Laureshyn m.fl. [2016] opsamles litteratur på trafiksikkerhedsindikatorer. Rapporten er baseret på gennemgang af 239 fundne publikationer. Resultater fra rapporten viser, at den mest anvendte type af indikator til at identificere en konflikt baseret på en fundne litteratur er TTC (60 publikationer) og dernæst PET (51 publikationer). I studier, hvor indikatoren TTC blev benyttet, blev det mest anvendt at betragte alle TTC situationer. Næstmest blev der anvendt en grænseværdi for en alvorlig konflikt på TTCmin $\leq$ 1,5 sek. I studier, hvor indikatoren PET blev benyttet, blev det mest anvendt at betragte alle PET situationer. Næstmest blev der anvendt en grænseværdi for en alvorlig konflikt på PET $\leq$ 5 sek. [Laureshyn m.fl., 2016]

I tabel 2.2 og 2.3 er værdierne for henholdsvis TTC og PET opsummeret fra de forskellige konfliktstudier beskrevet i dette afsnit.

Tabel 2.2. Grænseværdier for trafiksikkerhedsindikatoren TTCmin. Grænseværdierne er opdelt efter anvendte metode og nævnes efter årstal med den ældste først.

TTCmin [sek.]	**Litteratur**	**Note**
		Anvendt metode: Observation
≤ 1	Hayward 1972	Grænseværdi for alvorlige konflikter mellem biler i signalregulerede kryds i byområder.
$\leq 1{,}5$	van der Horst 1990	Grænseværdi for en alvorlig konflikt i signalregulerede og prioriterede kryds i by- og landområder.
$\leq 3{,}0$	Sacchi m.fl. 2013	Grænseværdi for definition af en konflikt ved kanalisering af højre sving.
$\leq 1{,}5$	El-Basyouny og Sayed 2013	Grænseværdi for definition af en konflikt for signalregulerede kryds i byområder og forstæder med fokus på bagende- og venstresvingskonflikter.
$\leq 1{,}5$	Sacchi og Sayed 2016	Grænseværdi for definition af en konflikt for signalregulerede lyskryds.
		Anvendt metode: Trafiksimulering
$\leq 1{,}5$	Sayed m.fl. 1993	Grænseværdi for definition af en konflikt i prioriterede kryds både i form af T-kryds og firbenede kryds i byområder.
$\leq 3{,}5$	Archer 2005	Grænseværdier for alvorlige konflikter for signalregulerede T-kryds i byer og forstæder. Programmer: VISSIM og SSAM.
$\leq 1{,}5$	Caliendo og Guida 2012	Grænseværdi for definition af en konflikt for prioriterede kryds i byområder.
$\leq 1{,}6$	Huang m.fl. 2012	Grænseværdi for definition af konflikter med fokus på bagendekollisioner i signalregulerede kryds. Programmer: VISSIM og SSAM.
$\leq 2{,}1$	Fan m.fl. 2013	Grænseværdi for definition af en konflikt for motorvej med fokus på bagende- og baneskiftskollisioner. Programmer: VISSIM og SSAM.
≤ 3	Essa og Sayed 2015	Grænseværdi for definition af en konflikt med fokus på bagendekollisioner i signalregulerede kryds i byområder. Programmer: VISSIM og SSAM.
		Andet
$\leq 1{,}5$	Laureshyn m.fl. 2016	Rapport med opsamling af litteratur omkring trafiksikkerhedsindikatoren TTC.
$\leq 1{,}5$	Laureshyn m.fl. 2016	Trafikkonfliktteknik fra Holland. Grænseværdi for en alvorlig konflikt i byområder.
≤ 1	Laureshyn m.fl. 2016	Trafikkonfliktteknik fra Canada. Grænseværdi for en alvorlig konflikt.

Tabel 2.3. Grænseværdier for trafiksikkerhedsindikatoren PET. Grænseværdierne er opdelt efter anvendte metode og nævnes efter årstal med den ældste først.

PET [sek.]	Litteratur	Note
		Anvendt metode: Observation
≤ 3	Cooper 1984	Grænseværdi for definition af en trafik konflikt i signalregulerede kryds i byområder.
≤ 1	van der Horst 1990	Grænseværdi for en alvorlig konflikt for signalregulerede og prioriterede kryds i by- og landområder.
≤ 1	Peesapati 2013	Grænseværdien for konflikter i signalregulerede kryds i byområder.
		Anvendt metode: Trafiksimulering
$\leq 1{,}5$	Archer 2005	Grænseværdier for alvorlige konflikter i signalregulerede T-kryds i byer og forstæder. Programmer: VISSIM og SSAM.
≤ 5	Caliendo og Guida 2012	Grænseværdi for definition af en konflikt i prioriterede kryds i byområder.
		Andet
≤ 5	Laureshyn m.fl. 2016	Rapport med opsamling af litteratur omkring trafiksikkerhedsindikatoren PET.
≤ 1	Laureshyn m.fl. 2016	Trafikkonfliktteknik fra Holland. Grænseværdi for en alvorlig konflikt i byområder.

2.2.4 Konfliktstudie ved simulering

Ideen omkring brugen af mikroskopisk trafiksimulering til konfliktstudie blev først introduceret af Darzentas m.fl. [1980]. Simuleringsmodeller var tidligere hovedsageligt blevet anvendt til at undersøge, hvilken effekt trafikmængden havde på forsinkelser og kapacitet på vejnettet. Darzenta m.fl. [1980] så et potentiale i at anvende simuleringsmodellerne til konfliktstudier. I rapporten opstilles en af de første simuleringsmodeller til undersøgelse af trafikantadfærden ved et vejkryds, og i modellen beskrives sikkerheden i vejnettet ud fra trafikanternes hastighed og afstanden mellem dem. [Darzentas m.fl., 1980]

Med tiden er viden omkring trafikantadfærden ved uheld og konflikter blevet udbygget. Denne viden om trafikantadfærd er bl.a. forsøgt inkorporeret i mikrosimuleringsmodeller. I et studie af Sayed m.fl. [1993] blev der udarbejdet en simuleringsmodel for T-kryds og 4-benede kryds. Modellen havde til formål at undersøge trafikkonflikter, og hvilken effekt sociologiske parametre for føreren af køretøjet, såsom køn og alder m.fl. og trafikparametrerne, herunder hastigheder og trafikvolume, havde af indvirkning på forekomsten af konflikter. Studiet viste, at mikrosimuleringsmodellen kunne afspejle konflikter fra virkeligheden. Det blev derfor anbefalet at anvende simulering af konflikter i trafiksikkerhedsarbejdet for prioriterede kryds i videre studier. [Sayed m.fl., 1993]

I et senere studie udført af Archer [2005] undersøges validiteten af de metoder, der benyttes i trafikkonfliktteknikken til registrering af konflikter. Archer forsøgte, ud fra sikkerhedsindikatorerne TTC, TTA (Time-to-Accident) og PET, at genskabe resultaterne fra et konfliktstudie i mikrosimuleringsmodellerne VISSIM, AIMSUM, PARAMICS, SISTM og CORSIM, således det samme antal konflikter blev genskabt i hver af modellerne. I studiet beskrev han, som en af de første, brugen af SSAM til

at opstille sikkerhedsindikatorer og muligheden for at analysere simuleringsdata. SSAM var på dette tidspunkt på et udviklingsstadie. I studiet blev det forsøgt at udvikle et integreret værktøj, som trafikingeniørere kan anvende til at udføre en komparativ trafiksikkerhedsanalyse på trafiksimuleringer, der var kompatibel med SSAM opbygningen. Archer [2005] vurderer, at studiet kan danne baggrund for fremtidige studier inden for konfliktstudie ved mikrosimulering og ser et stort potentiale i metoden. [Archer, 2005] Denne konklusion understøttes af et studie af Mahmud m.fl. [2018]. Studiet undersøger brugen af forskellige mikrosimuleringsprogrammer til evaluering af trafiksikkerhed. Programmerne der undersøges er VISSIM, PARAMICS og AIMSUM. Til vurdering af trafiksikkerheden anvendes indikatorerne TTC og PET. Studiet konkluderer, at nuværende mikrosimuleringsprogrammer ikke er udviklet nok til anvendelse til trafiksikkerhedsanalyser. Mikrosimulering har potentiale, dog skal dette emne undersøges ydereligere [S. M. Sohel Mahmud og Tavassoli, 2018]

I begge studier af henholdsvis Sayed m.fl. [1993] og Archer [2005] beskrives vigtigheden af et meget detaljeret datagrundlag samt en detaljeret kalibrering og validering [Sayed m.fl., 1993]. Archer [2005] vurderer, at en nøjagtig kalibrering og validering er vigtigere ved et konfliktstudie end ved studier, der undersøger kapaciteten og trafikflowet i et vejnet. [Archer, 2005]

Der har været en del studier, der har undersøgt brugen af mikrosimuleringsmodeller i trafiksikkerhedsarbejdet, hvor der har været fokus på effekten af kalibrering og validering af simuleringsmodellen. I et studie af Essa og Sayed [2015] blev sammenhængen mellem konflikter fra et traditionelt konfliktstudie og et konfliktstudie ved simulering undersøgt i et signalreguleret kryds. Det traditionelle konfliktstudie blev udført ved hjælp af automatiserede videobaserede analyseprogrammer, og konfliktstudiet ved simulering blev udført i VISSIM og SSAM. Til opsætning af VISSIM modellen anvendte de en to-trins kalibrering. Ved det første kalibreringstrin blev modellen kalibreret ud fra forsinkelser. Ved næste kalibreringstrin blev der anvendt en genetisk algoritme til at optimere VISSIMs trafikantadfærdsparametre for at øge sammenhængen mellem simulerede og observerede konflikter. Studiet viser vigtigheden af, at VISSIM modellen matcher den eksisterende trafiks forhold, og at kørselsadfærden bliver kalibreret. Studiet viser yderligere at ved brug af højere TTC grænseværdier i kalibreringen, vil sammenhængen mellem simulerede og observerede konflikter øges. I projektet blev der kun undersøgt konflikter ud fra TTC-værdier. [Essa og Sayed, 2015a]. I et ligende studie udført af Huang m.fl. [2012] blev signalreguleret kryds undersøgt. Konklusionen på studiet var, at kalibrering er essentiel for at trafiksimuleringer kan anvendes i trafiksikkerhedsarbejdet. I studiet er der ligeledes anvendt VISSIM og SSAM. [Huang m.fl., 2012]

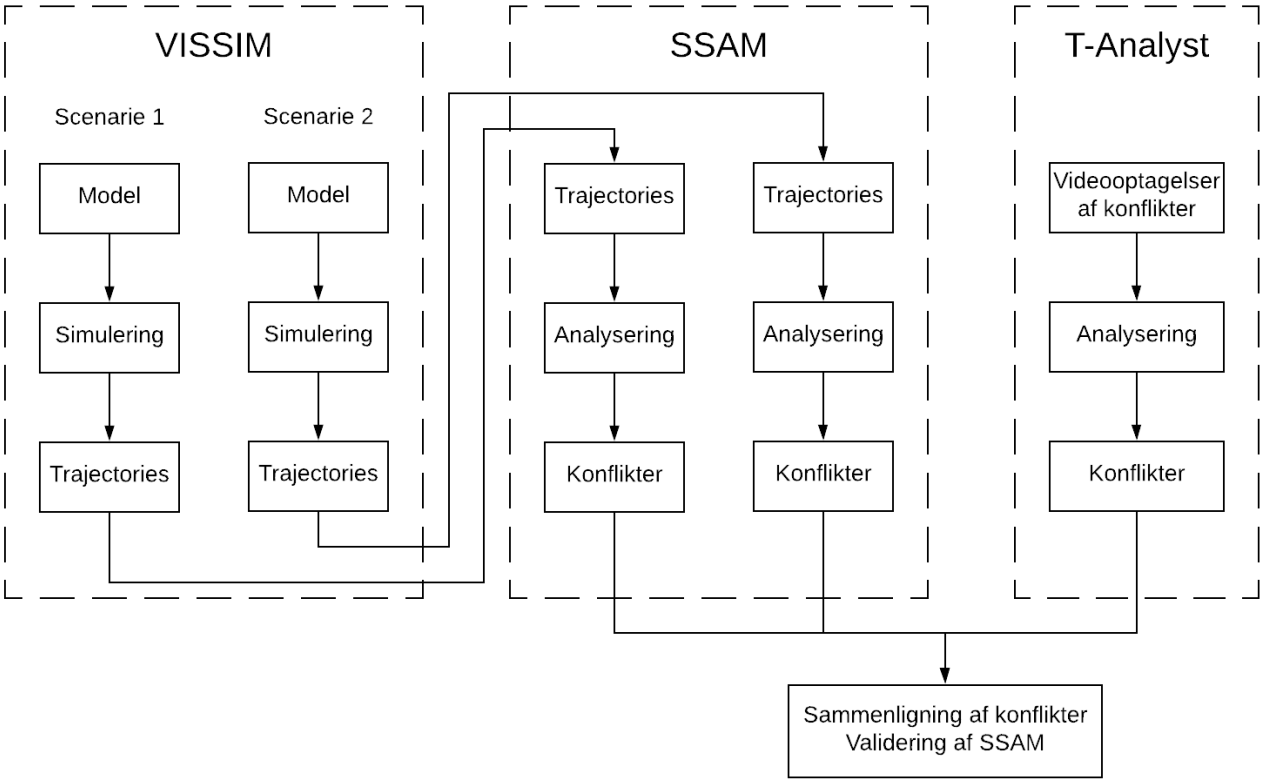
De to foregående studier af Essa og Sayed [2015] og Huang m.fl. [2012] tager begge udgangspunkt i signalregulerede kryds. Anvendelsen af simulering til konfliktstudie i andre typer anlæg undersøges i et studie af Astarita m.fl [2018]. I studiet blev anvendeligheden af forskellige mikrosimuleringsprogrammer, herunder VISSIM, AIMSUN og TRITONE, til brug i konfliktsimuleringsværktøjet SSAM undersøgt. Der blev undersøgt for anvendeligheden i mikrosimuleringsprogrammerne ved signalregulerede kryds, rundkørsler og prioriterede kryds. Konklusionen af studiet er, at forskellige simuleringsprogrammer viser den samme fordeling af konflikter ved hver af de forskellige krydstyper. Dette betyder, at alle programmerne kan bruges på alle typer anlæg. [Astarita m.fl., 2018]

Alle studierne omhandlende simulering af konflikter i dette afsnit tager alle udgangspunkt i en kalibrering af simuleringmodellen ud fra den undersøgte lokalitet i studiet. Muligheden for at overføre værdier i parameteropsætningen fra en lokalitet til en anden lignende lokalitet kan medvirke til en besparelse i ressourcer, da kalibreringsprocessen kan være kompliceret og langsommelig. Overførbarheden blev undersøgt Essa og Sayed [2015] i et studie, hvor det blev forsøgt at overføre kalibrerede værdierne for parametrene i VISSIM til andre lignende lokaliteter. Målet med studiet var at undersøge, om de kalibrerede værdier gav fornuftige resultater på andre lokaliteter i forhold til

sammenhængen mellem simulerede og observerede konflikter. Den samme to-trins kalibreringsproces, som beskrevet ovenfor [Essa og Sayed, 2015a], blev anvendt på et signalreguleret kryds. Værdierne for de forskellige parameteropsætninger for hvert kalibreringstrin blev dernæst overført til et andet signalreguleret kryds. Studiet viser, at overførsel af *default* værdier ikke er muligt. Derimod viser studiet, at overførsel af værdier fra den første kalibrering til den anden lokalitet vil give en relativ god sammenhæng mellem observerede og simulerede konflikter. Det samme gælder, hvis værdierne fra det andet trin i kalibrering overføres til den anden lokalitet. Studiet viser, at det bedste resultat for en sammenhæng mellem observerede og simulerede konflikter vil fremkomme ved at overføre værdier fra det første kalibreringstrin til den anden lokalitet, og dernæst udfører det andet kalibreringstrin af kalibreringen på lokalitet. I studiet fandt de derudover ud af, at følgende parametre er direkte overførbare fra den første til den anden lokalitet: CC0, CC1 og ønsket deceleration. Derimod kunne parametrene CC4 og CC5 ikke overførers direkte til en anden lokalitet. Disse parametre er nærmere beskrevet i afsnit 3.2. Alle parametre er dermed ikke direkte overførbare, men en kalibrering kan forsimples, da ikke alle parametre behøves at blive undersøgt. [Essa og Sayed, 2015b]

Metode 3

Projektets formål er at undersøge anvendeligheden af trafiksimuleringsprogrammet VISSIM og konfliktsimuleringsværktøjet SSAM i et konfliktstudie. Dette gøres som illustreret på figur 3.1, der viser projektets undersøgelsesdesign.



Figur 3.1. Undersøgelsesdesign anvendt i projektet.

I projektet anvendes VISSIM til udførelse af trafiksimuleringer. Trajectory filer fra trafiksimuleringen anvendes i SSAM til identificering af konflikter. Til validering af konfliktstudiet, foretaget med programmerne VISSIM og SSAM, anvendes et eksisterende konfliktstudie, foretaget på projektlokaliteten. Konflikterne fra det eksisterende konfliktstudie bliver i dette projekt analyseret i det semi-automatiske program T-Analyst. For at skabe et ens sammenligningsgrundlag for resultaterne, vil konflikter fra T-Analyst og fra SSAM udpeges ud fra de samme indikatorer og værdier.

I projektet undersøges det desuden, om forskellige indstillinger af VISSIM modellen har en indflydelse på registrering af konflikter i SSAM. Dette gøres ved at opstille to scenarier i VISSIM, der indstilles efter forskellige principper. I det første scenarie (Scenarie 1) indstilles VISSIM modellen efter værdier fra vejreglen *Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller* [Albrink m.fl., 2010] samt en nyere udgave af vejreglen der på projekttidspunktet er i høring [Larsen m.fl., 2019]. Scenarie 1 danner baggrunden for det andet scenarie (Scenarie 2), hvor udvalgte trafikantadfærdsindstillinger tilpasses til den observerede adfærd på lokaliteten. Herved kan effekten af en kalibreret model vurderes i forhold til en model med

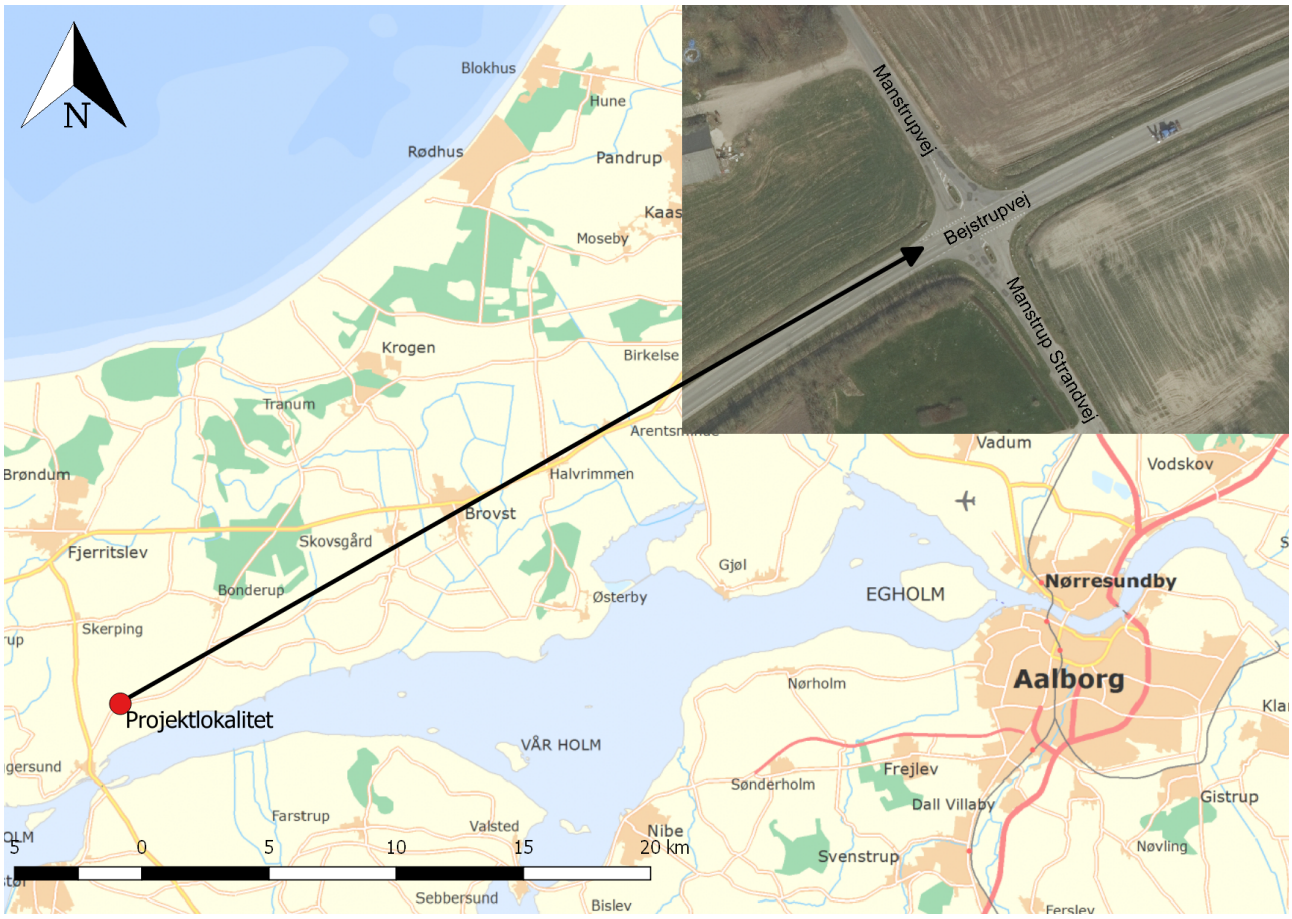
anvendelse af standardværdier fra vejreglerne.

I de følgende afsnit beskrives udførelsen af den ovenstående metode for projektet. Først præsenteres projektlokaliteten, der er undersøgt ved en besigtigelse. Dernæst beskrives metoden til trafiksimuleringen. Trafiksimuleringsmodellens geometriske vejnet opsættes på baggrund af projektlokalitetens udformning, og trafikken indsættes i modellen på baggrund af en krydstælling foretaget af videomaterialet af trafikken på lokaliteten. Trafiksimuleringsmodellen opsættes derudover ud fra en række trafikantadfærdsindstillinger: hastighed, acceleration og deceleration, kørselsadfærd og lokalitetsbaseret adfærd. I hvert af disse afsnit beskrives de dertilhørende indstillinger, og hvilke værdier der er anvendt. Værdierne er fastlagt ud fra vejreglerne (Scenarie 1) og analyse af videomateriale fra lokaliteten (scenarie 2).

Til sidst beskrives konfliktstudiet. Her benyttes T-Analyst til analysering af de potentielle konflikter fundet i det eksisterende konfliktstudie. På baggrund af resultaterne i T-Analyst og litteraturstudiet udvælges grænseværdien for trafiksikkerhedsindikatorerne TTC og PET, der skal identificere konflikter i T-Analyst og SSAM.

3.1 Projektlokalitet

Projektet tager udgangspunkt i et prioriteret firbenet kryds vest for Aalborg og lige syd for Fjerritslev. Lokaliteten kan ses på figur 3.2. Det firbenede kryds er placeret i åbent land og består af en gennemkørende primærvej, Bejstrupvej, og to sekundærveje op til krydset, der er henholdsvis Manstrup Strandvej syd for krydset og Manstrupvej nord for krydset. De sekundære veje har begge ubetinget vigepligt ud til den primære vej.



Figur 3.2. Illustration af den geografiske placering af projektlokaliteten og krydsudformningen. Den rød prik markerer projektlokaliteten. Baggrundskortet er udtrukket fra kortforsyningen.

Hastighedsgrænsen på vejene er alle fastsat til 80 km/t svarende til hastighedsgrænsen uden for tættere bebygget område [Transport-, Bygnings- og Boligministeriet, 2018]. Der er i 2017 udført en trafiktælling i krydset i form af en snittælling for henholdsvis Bejstrupvej Vest og Bejstrupvej Øst. Tællingen viste en samlet ÅDT (årsdøgnstrafik) på 2.662 trafikanter [Vejdirektoratet, 2019]. Der foreligger ikke målinger for Manstrupvej og Manstrup Strandvej. På den primære vej er overhaling tilladt igennem krydset.

Der er foretaget en besigtigelse af projektlokaliteten. Besigtigelsen fandt sted mandag d. 25-02-2019 kl. 11:00. Vejrforholdene var skyet og let tåget. På besigtigelsen blev følgende punkter gennemgået:

- Vejgeometri
- Skiltning og afmærkning
- Trafikforhold
- Randbebyggelse og beplantning
- Terræn
- Kørselsafprøvning i bil af oversigtsforhold

Der er observeret en begrænset trafikmængde på lokaliteten. Størstedelen af trafikken er gennemkørende trafik på Bejstrupvej. Køretøjssammensætningen er observeret til at bestå af personbiler, varevogne og lastbiler. Der findes ingen vejbelysning på lokaliteten. På lokaliteten findes ingen randbebyggelse i nærheden af krydsområdet. Der er høj beplantning på Bejstrupvej Vest langs den sydlige vejside op til krydsområdet. Ligeledes er der høj beplantning på Bejstrupvej Øst på vejens sydlige side ca. 170 m fra krydsområdet. Fra krydsområdet er landskabets terræn stigende mod Bejstrupvej Vest og faldende mod Bejstrupvej Øst, desuden udgøres Bejstrupvej af en horisontalt kurve. Ved kørselsafprøvning af krydset i bil blev oversigtsholdene undersøgt. Som trafikant kørende på primærvejen er der god oversigt over holdende trafikanter på sekundærvejene. Som trafikant holdende for ubetinget vigepligt på sekundærvejene, vurderes oversigten være tilstrækkeligt, dog dækker terrænet både vertikalt og horisontalt for længere udsigt over Bejstrupvej mod Vest og Øst, hvilket gør, at trafikanter især fra Bejstrupvej Vest opfattes sent. På figur 3.3 ses oversigsforholdene henholdsvis mod Bejstrupvej Vest og Øst set fra sekundærvejene. Øvrige noter og billeder fra besigtigelsen kan ses i det elektroniske bilag 1: *Besigtigelse af projektlokalitet*.

Figur 3.3. Oversigtsforhold fra sekundærvejene over primærvejen. Øverst fra Manstrup Strandvej. Nederst for Manstrupvej.

3.2 Trafiksimulering

I projektet benyttes der mikroskopiske trafikmodeller, der kan give et visuelt billede af trafikken på en lokalitet. I de mikroskopiske modeller forsøges det at genskabe virkeligheden. Dette gøres ved at opbygge vejnettet med alle relevante vejdele og vejelementer og ved indsætning af volumen af trafikanter med indstilling af trafikanternes tilhørende kørselsadfærd. I vejnettet reguleres trafikken ved hjælp af eksempelvis signalregulering eller vigepligter. I mikroskopiske modeller simuleres der på trafikant niveau, modsat de makroskopiske modeller, hvor der simuleres på trafikstrømsniveau [Borgeskov m.fl., 2015, s. 5]. Dermed giver mikroskopiske modeller mulighed for en større detaljeringsgrad, der kan give et mere realistisk billede af virkelighedens trafikafviklingen. Dette stiller dog et større krav til indsamlingen af bagvedliggende data til parameterindstillingerne, for at modellen kan give et realistisk billede. [Albrink m.fl., 2010].

I projektet anvendes mikrosimuleringsprogrammet VISSIM, der er det mest anvendte trafiksimuleringsprogram i Danmark [Albrink m.fl., 2010, s. 8]. Programmet er udviklet af den tyske virksomhed PTV AG. VISSIM benytter en tidstrinsorienteret fremgangsmåde. Dette betyder, at den enkelte trafikant kontinuert afsøger vejnettet for hvert tidstrin for at finde den rute, der giver den bedste fremkommelighed. VISSIM er dertil et adfærdsbaseret program, hvilket betyder, at trafikanterne tildeles en adfærd ud fra en række indstillinger [PTV Group, 2018, s. 29]. Indstilling af trafikanternes adfærd omfatter eksempelvis hastighed, acceleration, deceleration, ageren ved interaktion med andre trafikanter og lokalitetsbaseret adfærd såsom trafikanters hastighed i sving og ageren ved vigepligt.

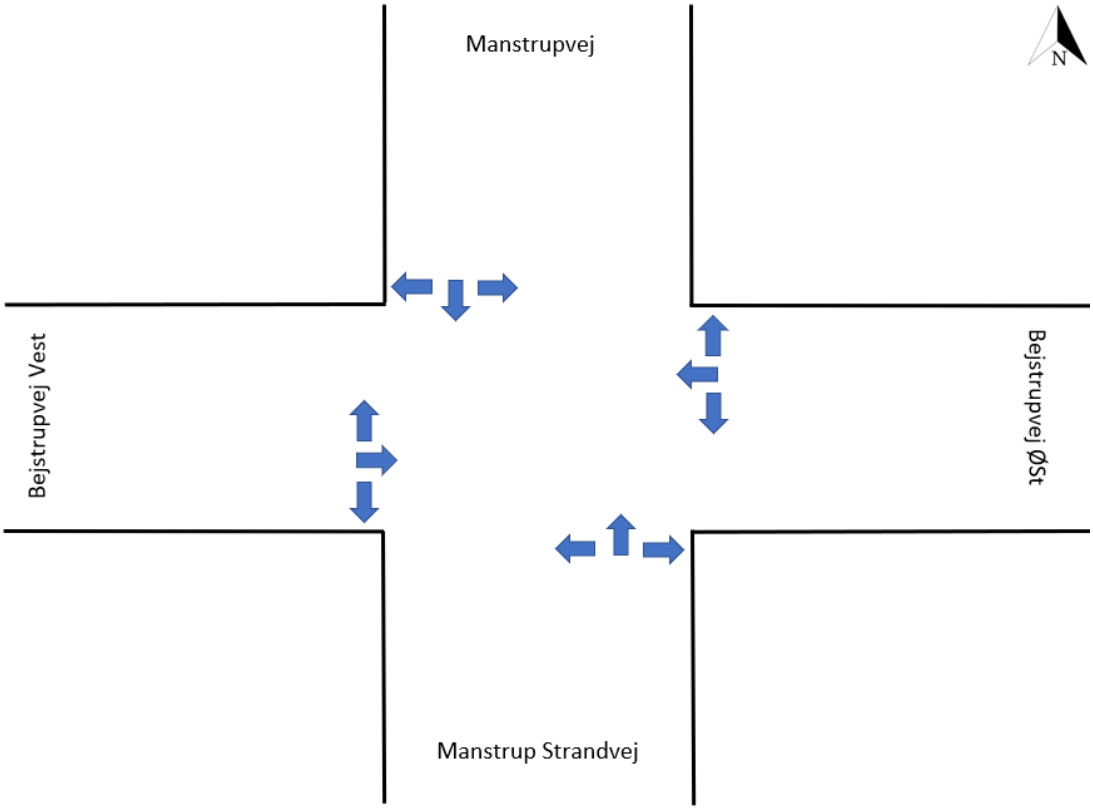
Som baggrund for opsætning af trafiksimuleringsmodellen er der udført en videoanalyse på baggrund af videomaterialet fra projektlokaliteten. Trafikken på lokaliteten er filmet i perioden d. 21-05-2017 til d. 16-06-2017 i forbindelse med et konfliktstudie udarbejdet af Aalborg

Universitet for Jammerbugt Kommune. Videomaterialet anvendes i dette projekt til krydstællinger, hastighedsmålinger, kørselsadfærd ved trafikanter der følger hinanden, og målinger for trafikantadfærd ved vigepligt.

3.2.1 Trafik

I VISSIM modellen er det muligt at indsætte trafikmængder fordelt ud på vejnettet, og dertil definere trafikkens ruter. I den forbindelse er der udført en krydstællingen på baggrund af det eksisterende videomateriale fra lokaliteten udleveret af Aalborg Universitet. Krydstællingerne er udført i henhold til retningslinjer i publikationen om trafiktællinger udgivet af Vejdirektoratet [Vejdirektoratet, 2006]. Formålet med krydstællingerne er at få viden om trafikmængden på lokaliteten fordelt på krydsets trafikstrømme, køretøjsarter og tid på dagen, hvilket kan bidrage til at gøre projektets VISSIM model mere præcis og virkelighedsnær. Krydstællingen danner baggrund for trafikken i VISSIM modellen for både scnearie 1 og scenarie 2.

Til krydstællingerne registreres trafikken for alle trafikstrømme i krydset, som illustreret på figur 3.4.



Figur 3.4. Illustration over de trafikstrømme der tælles trafik på i krydstællingerne. Trafikstrømmene er angivet med blå pile.

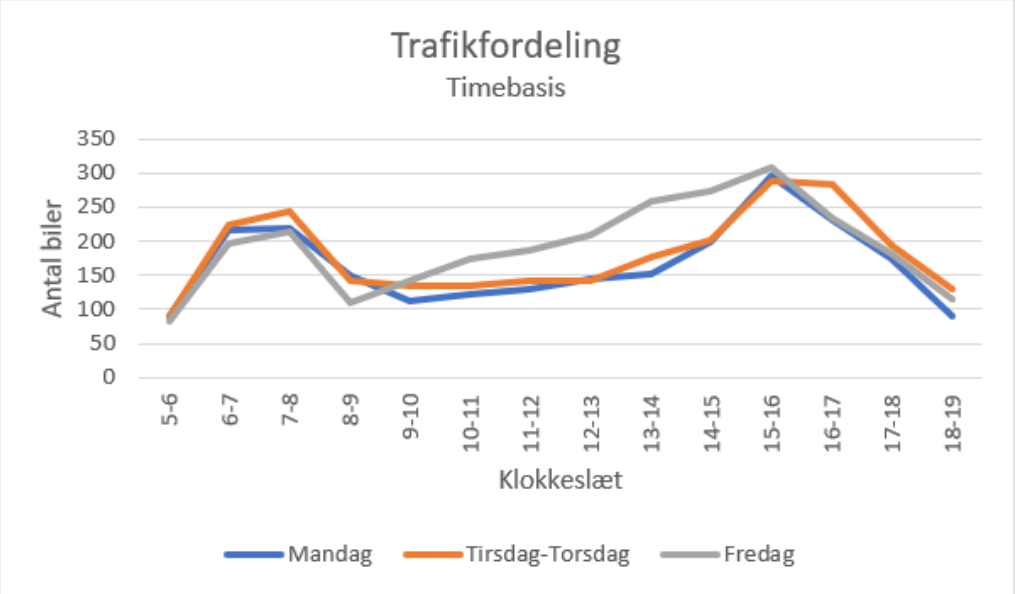
Til krydstællingerne er der udvalgt følgende fire køretøjsartskategorier:

- Personbil (herunder desuden personbiler med trailer og varevogne)
- Lastbil (herunder busser)
- Motorcykel
- Traktor

Disse køretøjsarter er udvalgt og grupperet på baggrund af køretøjsarter observeret på lokaliteten under besigtigelsen samt på grund af køretøjernes hastighedsprofiler og dimensioner, der vurderes at have en effekt på trafiksimuleringsmodellen.

Tælleperioden for krydstællingerne er tirsdag d. 06-06-2017 til fredag d. 09-06-2017 samt mandag d. 12-06-2017. Mandag d. 12-06-2017 er udvalgt til krydstællingen i stedet for mandag d. 05-06-2017, da d. 5. falder på en helligdag, og vurderes derfor ikke at være repræsentativ for krydstællingen. De anvendte dage er fra henholdsvis uge 23 og 24, hvilket er repræsenterbare uger med en usikkerhed på kun 9 % ved et 95 % konfidensinterval ved opregning til ÅDT [Vejdirektoratet, 2006]. Ugedagene tirsdag, onsdag og torsdag er mest repræsentative i forhold til trafikken, da trafikken vil fordele sig anderledes på ugedagene mandag og fredag samt lørdage og søndag [Vejdirektoratet, 2006]. Der er dog valgt at udføre krydstællinger på ugedagene mandag, tirsdag, onsdag, torsdag og fredag for at kunne indsætte en uges trafik i VISSIM modellen. Der ses bort fra lørdage og søndage, da trafikken her vil at være begrænset og mere spredt.

Krydstællingen tirsdag d. 06-06-2017 udføres som den første krydstælling og desuden som en testtælling og forløber i tidsrummet kl. 05:00-20:00. Det brede tidsspænd er valgt her, da myldretiden for lokaliteten er ukendt, og på baggrund af denne testtælling defineres tælleperioden for krydstællingerne for de resterende dage. Det ønskes at medtage spidstimerne, hvor det vurderes, at der vil forekomme mest trafik og dermed større sandsynlighed for, at der kan ske konflikter. Ud fra testtælling fastsættes morgenspidstimen til at forløbe fra kl. 06:30-07:30 og eftermiddagsspidstimen til at forløbe fra kl. 15:30-16:30. Dette stemmer overens med figur 3.5, der viser trafikfordelingen for de udvalgte dage på lokaliteten. For krydstællingerne de resterende dage tælles der i tidsrummet kl. 05:00-19:00.



Figur 3.5. Trafikfordeling på timebasis for mandag (12/06/2017), tirsdag-torsdag (06/06/2017-08/06/2017) og fredag (09/06/2017).

Ud fra graferne på figur 3.5 kan det ses, at eftermiddagstrafikken fredag er spredt ud over et større tidsrum, og dermed er forskellig fra de øvrige ugedage, som beskrevet tidligere.

Tælleintervallet for krydstællingerne er fastsat til kvarterintervaller. Disse korte tidsintervaller er udvalgt, da de skal anvendes i VISSIM modellerne og for forholdsvist præcist at kunne give et billede af trafikken og dens variation hen over en time [Larsen m.fl., 2019, kap. 3.5 s. 20]. Der udvælges ikke et mindre tidsinterval, da det vurderes, at det ikke vil give mere præcise resultater i forhold til den lange simuleringstid fra mandag til fredag. Desuden er trafiktællingen af udført for en uge, hvor den samme trafiktælling anvendes til simulering for flere uger. Dertil benyttes der en stokastisk effekt på trafiktællingen, hvilket vil give en variation i trafiktallene, hvormed mere præcise målinger ikke vil have en større effekt på resultatet.

I krydstællingerne er vejrforholdene noteret. Mandag og tirsdag forekommer der sol og tørt føre, hvorimod vejret om onsdagen, torsdagen og fredagen er skyet med byger og dertil periodevis vådt føre.

For resultater for krydstællingerne henvises der til bilag C, og for krydstællingernes data henvises der til det elektroniske bilag 2: *Trafiktal*.

3.2.2 Hastighed, acceleration og deceleration

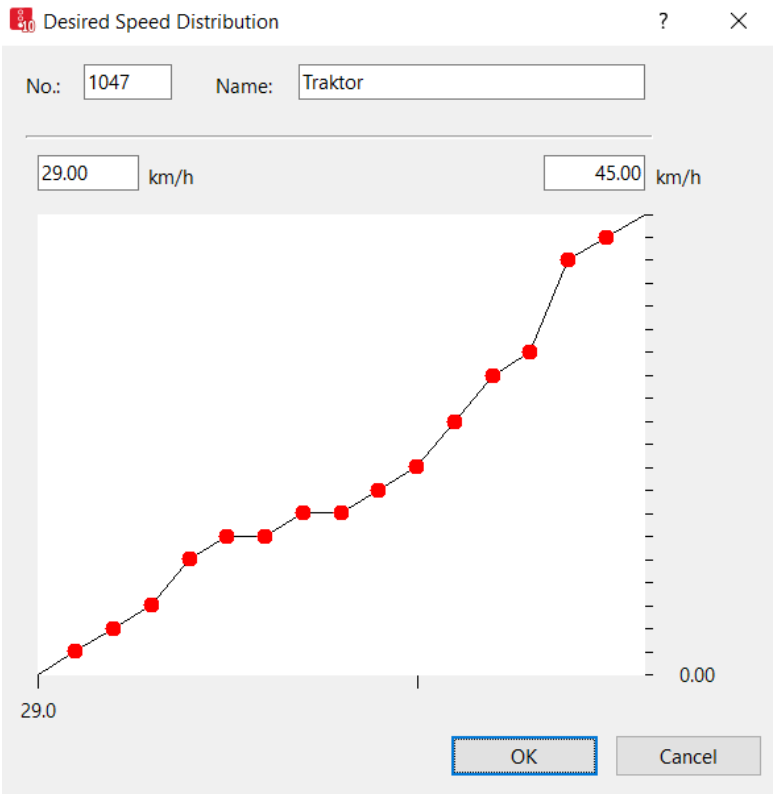
I dette afsnit beskrives der, hvordan VISSIM modellen indstilles i forhold til hastighed, acceleration og deceleration for de forskellige trafikantgrupper i de to scenarier.

Hastighed

I VISSIM indstilles hastigheden for hver trafikantgruppe ved at udarbejde en hastighedsfordeling. Indstilling af hastighedsfordelinger gør, at alle trafikanter i VISSIM modellen ikke vil have samme hastighed, hvilket stemmer overens med virkeligheden, hvor trafikanters hastighed vil variere. Spredningen i hastigheden muliggører desuden, at hurtigtkørende trafikanter kan overhale de langsomtkørende trafikanter. Hastighedsfordelingerne i projektet er baseret på Vejdirektoratets håndbog for *Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller* eller på baggrund af en hastighedsmåling fra videomaterialet på lokaliteten.

I de to scenarier er der visse hastighedsfordelinger der er fælles, mens at andre er forskellige. I de næste afsnit beskrives hastigehedsmålingerne, der er anvendt i scenarierne. Først beskrives de fælles hastighedsfordelinger og dernæst beskrives hastighedsfordelingerne i henholdsvis Scenarie 1 og 2.

Scenarie 1 og Scenarie 2:
Traktorer:
På lokaliteten er der observeret en del traktorer. Det blev derfor vurderet, at opsætte en hastighedsfordeling for denne trafikantgruppe. I Vejdirektoratets håndbog for mikrosimuleringsmodeller findes der imidlertid ingen hastighedsfordeling for traktorer, og der blev derfor generet en hastighedsfordeling ud fra målinger baseret på videomaterialet fra lokaliteten, der kan ses på figur 3.6. På x-aksen ses hastigheden, og på y-aksen ses den tilhørende kumulerede fordeling af *free flow* hastigheden.

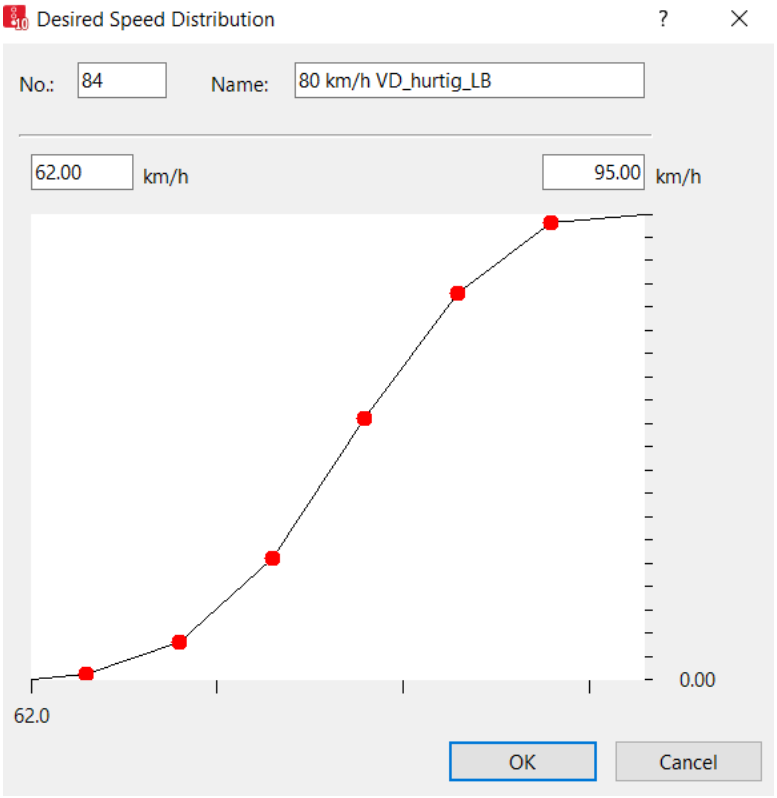


Figur 3.6. Hastighedsfordeling for traktorer. Hastighedsfordelingen er udarbejdet på baggrund af målinger fra videomateriale.

Hastighedsmålingen udgøres af i alt 20 registreringer af traktorers hastigheder fordelt på Bejstrupvej i østgående og vestgående kørselsretning. Den lille stikprøvestørrelse for målingen er valgt, da det vurderes, at traktorerne ikke vil have en signifikant indvirkning på modellen, da antallet af traktorer var langt lavere end antallet af personbiler. Hastighedsmålingen er udført fra d. 06-06-2017 til d. 07-06-2017. På figur 3.7 fremgår det, hvor hastighedsmålingen for traktorerne er udført. Data fra hastighedsmålingen for traktorer kan ses i det elektroniske bilag 3: *Hastighedsmåling traktor*.

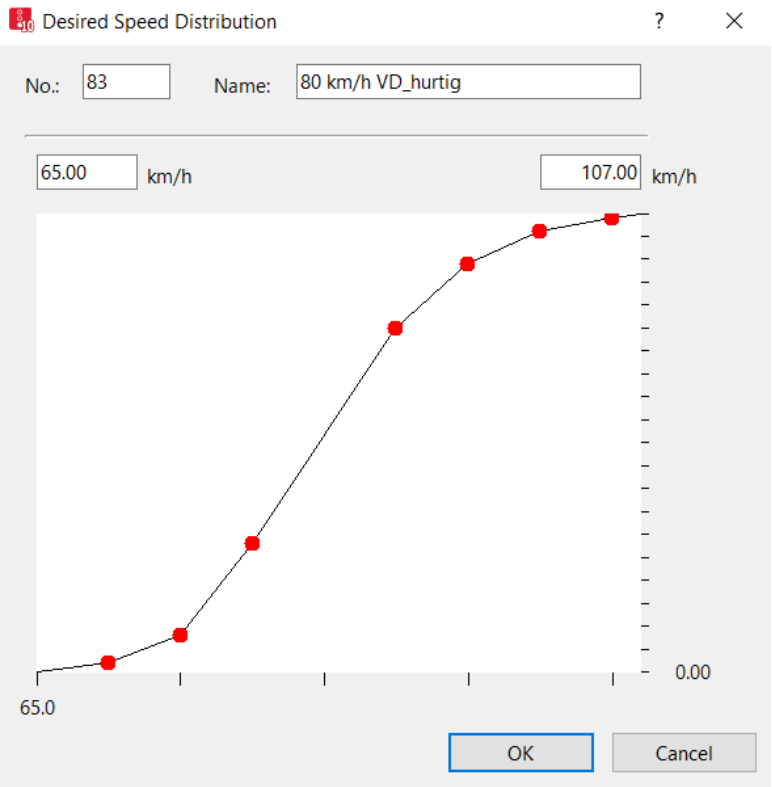
Figur 3.7. Hastighedsmaaling på Bejstrupvej for traktorer. Linjer på figuren viser, hvor der er målt fra og til. Måleafstanden er 20,00 m. Figuren er et udklip af videomaterialet.

Lastbiler:
Hastighedsfordelingen for lastbiler er fundet i høringsudgaven til *Anvendelse af trafikmodeller*, da det er nyere data og vurderes derfor at være mere præcis. I vejreglen har de opdelt hastighedsfordelingerne ud fra, om trafikanterne på lokaliteten kører *langsom*, *mellem* eller *hurtig*. Ud fra målinger fra videomaterialet, der kan ses i elektronisk bilag 4: *Hastighedsmåling personbiler*, blev der målt hastigheder, der generelt ligger over de skiltede 80 km/t. Dette indikerer at hastigheden på lokaliteten er høj, hvilket vurderes ligeledes at være gældende for lastbiler. Derfor anvendes der hastighedskurven for *hurtig* kørende lastbiler. [Larsen m.fl., 2019]. På figur 3.8 kan hastighedsfordelingen for lastbiler ses. Lastbiler og busser indstilles til samme hastighedsprofil.



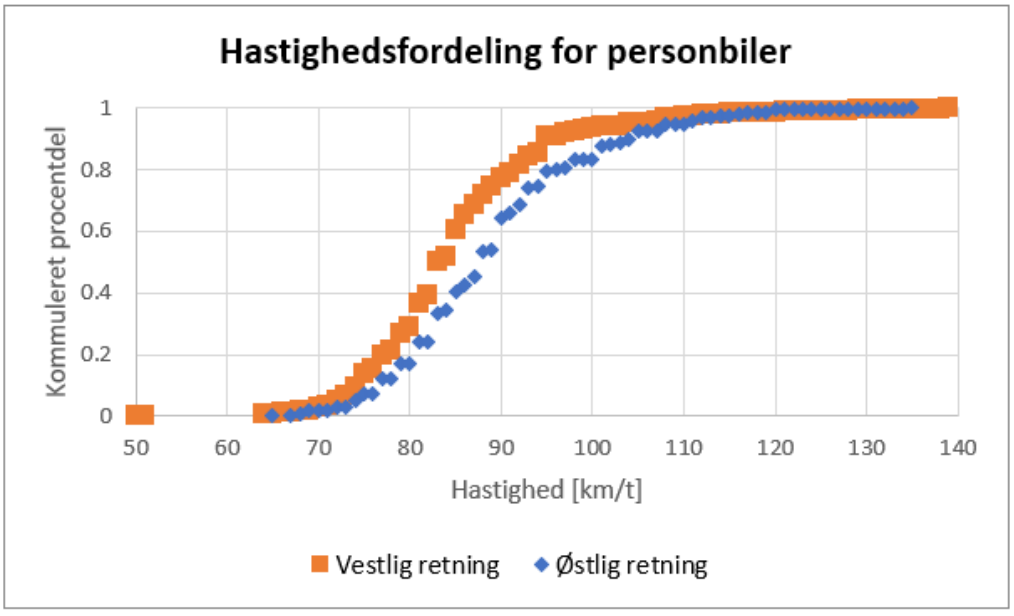
Figur 3.8. Hastighedsfordeling for lastbiler. Hastighedsfordeling er fra vejreglerne [Larsen m.fl., 2019].

Scenarie 1:
Hastighedsfordelingen for personbiler er ligeledes fundet i høringsudgaven til *Anvendelse af trafikmodeller*. Da hastighederne, der blev målt på lokaliteten ud fra videomaterialet, generelt ligger over de skiltede 80 km/t, bliver der anvendt hastighedskurven for *hurtig* kørende personbiler. [Larsen m.fl., 2019]. På figur 3.9 kan hastighedsfordelingen for personbiler ses. Varevogne, personbiler med trailer og motorcykler indstilles i vissim til samme hastighedsfordeling som personbiler, da det vurderes, at disse har samme hastighedsprofil.



Figur 3.9. Hastighedsfordeling for personbiler. Hastighedsfordeling er fra vejreglerne [Larsen m.fl., 2019].

Scenarie 2:
Hastighedsmålingen for personbiler til Scenarie 2 er udført på Bejstrupvej i både den østlige og vestlige kørselsretning for at undersøge, hvordan hastighedsfordelingen fordeler sig i hver retning. På figur 3.10 ses den målte hastighedsfordeling for personbiler.



Figur 3.10. Hastighedsfordeling for personbiler på Bejstrupvej i østlig og vestlig kørselsretning. Hastighedsfordelingen er udarbejdet på baggrund af målinger fra videomateriale.

Det ses, at den gennemsnitlige hastighed ligger højere for personbiltrafikken i østlig kørselsretning (89,1 km/t og 85 %-fraktil på 101,2 km/t) end i vestlig kørselsretning (85,3 km/t og 85 %-fraktil på

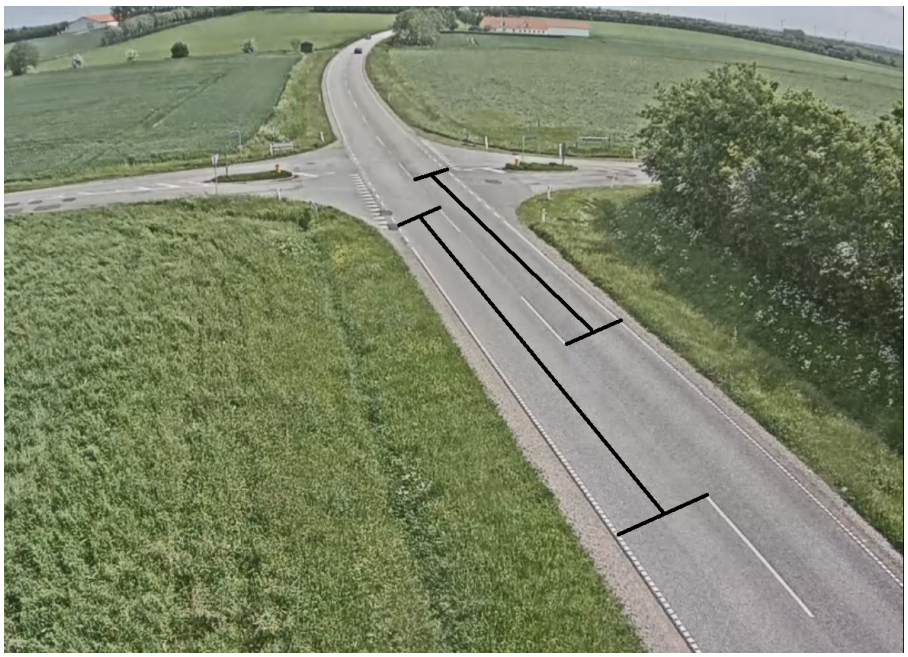
93,9 km/t). Det blev undersøgt, om hastighederne er signifikant forskellige fra hinanden ud fra en T-test. Testene viser, at hastighederne er statistisk signifikant forskellige fra hinanden. Testen kan ses i elektronisk bilag 4: *Hastighedsmåling personbiler*. Der er derfor lavet to forskellige hastighedsfordelinger for hver kørselsretning. Trafikanterne fra Manstrupvej og Manstrup Strandvej indstillet til samme hastighedsprofil som trafikanterne med vestlig kørselsretning.

Der er i alt udført 500 hastighedsregistreringer fordelt på 250 registreringer i hver kørselsretning. Stikprøvens størrelse er valgt for at få et mere præcist resultat af hastighederne på lokaliteten. Hastighedsmålingen er udført ved at registrere den første trafikant, der kommer ind i videoen hvert tiende minut og som kører uhindret ligeud i krydset. Hastighedsmålingen er udført fra d. 21-05-2017 til d. 24-05-2017 i tidsrummet 07:00-18:00. Følgende køretøjstyper indgår i hastighedsmålingen:

- Almindelige personbiler
- Personbil med trailer
- Varebil
- Motorcykel

Disse køretøjstyper er valgt, da deres hastighedsadfærd vurderes at være tilnærmelsesvist ens. Motorcykler er medtaget på trods af, at de tilhører en anden køretøjskategori i krydstællingen og trafikantgruppe i VISSIM modellen. Dette er gjort, da der er et meget begrænset antal motorcykler på lokaliteten, hvormed det vurderes, at det er acceptabelt at give dem samme hastighedsprofil som personbiler.

På figur 3.11 ses, hvor hastighedsmålingen er udført.



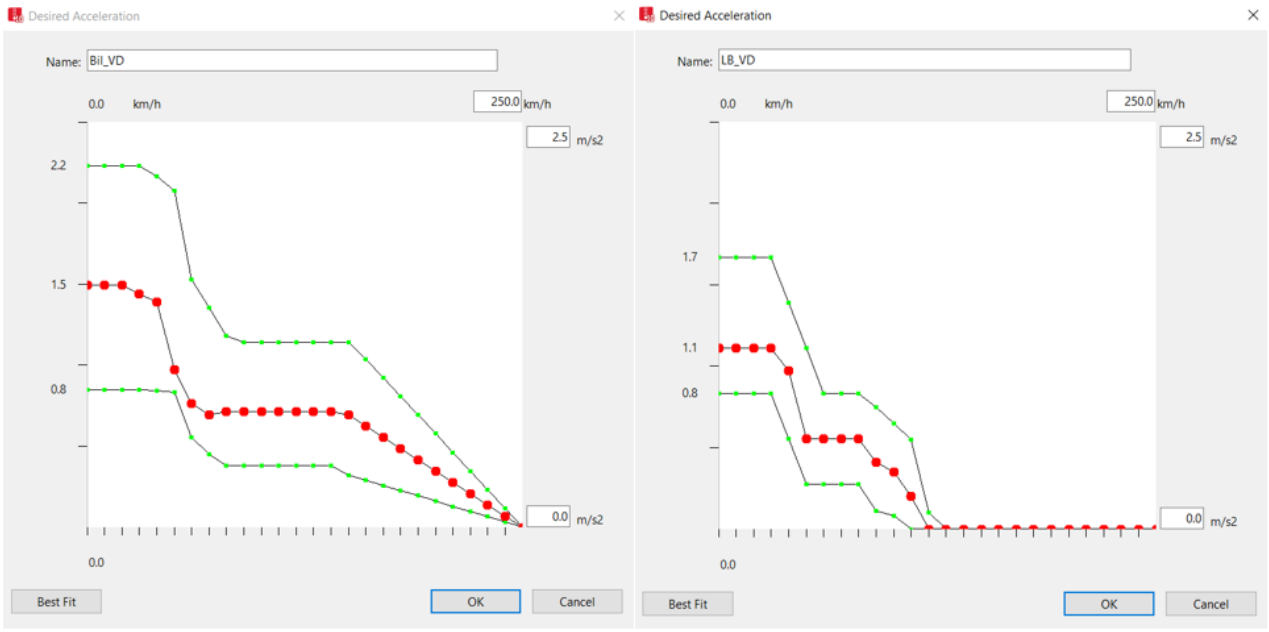
Figur 3.11. Hastighedsmåling på Bejstrupvej i henholdsvis vestlig og østlig kørselsretning. Linjer på figuren viser, hvor der er målt fra og til. Måleafstanden er 30 meter.

Data og analyser fra hastighedsmålingen for personbiler kan ses i det elektroniske bilag 4: *Hastighedsmåling personbil*.

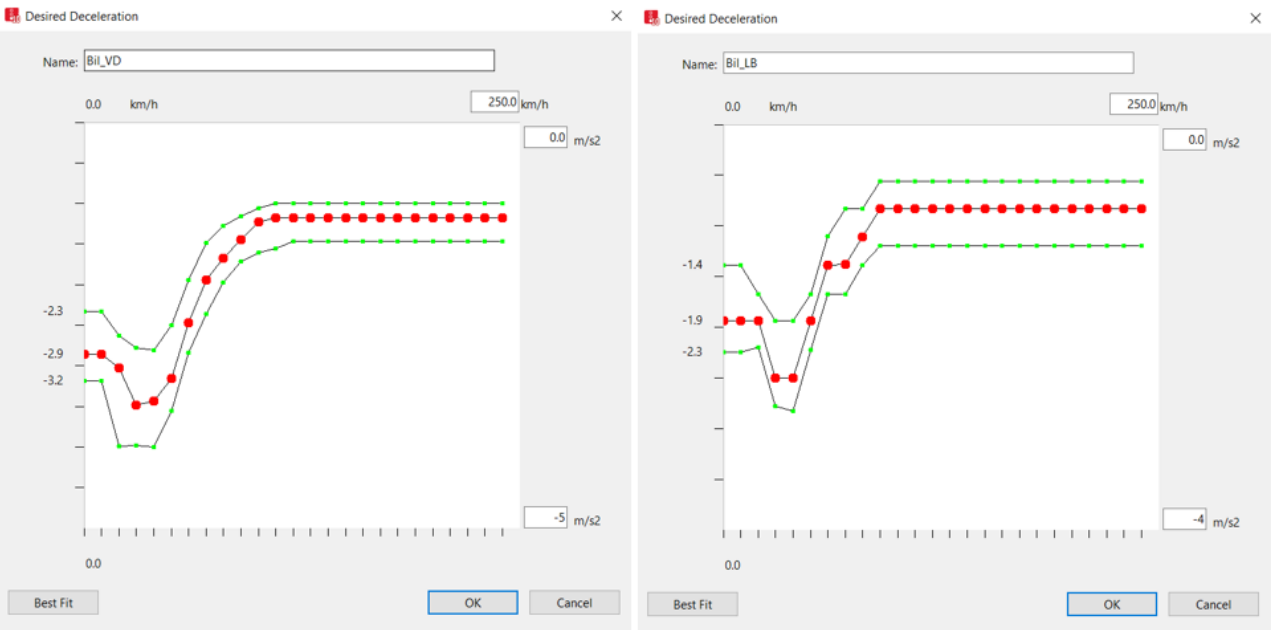
Acceleration og deceleration

I VISSIM kan der indstilles accelerations- og decelerationskurver for hver trafikantgruppe. Accelerations- og decelerationskurverne, der er anvendt i projektet for både Scenarie 1 og 2, er baseret på høringsudgaven for mikrosimuleringshåndbogen [Larsen m.fl., 2019, s. 90]. I håndbogen er der henholdsvis kurver for personbiler og lange køretøjer. På figur 3.12 kan accelerationskurverne for personbiler og lange køretøjer ses, og på figur 3.13 kan decelerationskurverne for personbiler og lange køretøjer ses. På x-aksen defineres hastigheden, og på y-aksen defineres henholdsvis accelerationen og decelerationen (m/s^2) til en given hastighed (m/s). Ikke alle trafikanter accelererer og decelererer ens i virkeligheden, hvilket der tages højde for i programmet ved indstilling af disse to kurver. De røde prikker illustrerer medianen for henholdvis accelerationen og decelerationen ved en given hastighed for trafikanterne. De grønne prikker definerer den mindste og maksimale værdi for henholdsvis acceleration og deceleration, som en trafikant kan have til en given hastighed.

Personbiler, varevogne, personbiler med trailer og motorcykler indstilles til samme accelerations-/decelerationskurve som personbiler. Lastbiler, busser og traktorer indstilles til samme accelerations-/decelerationskurve som lange køretøjer.



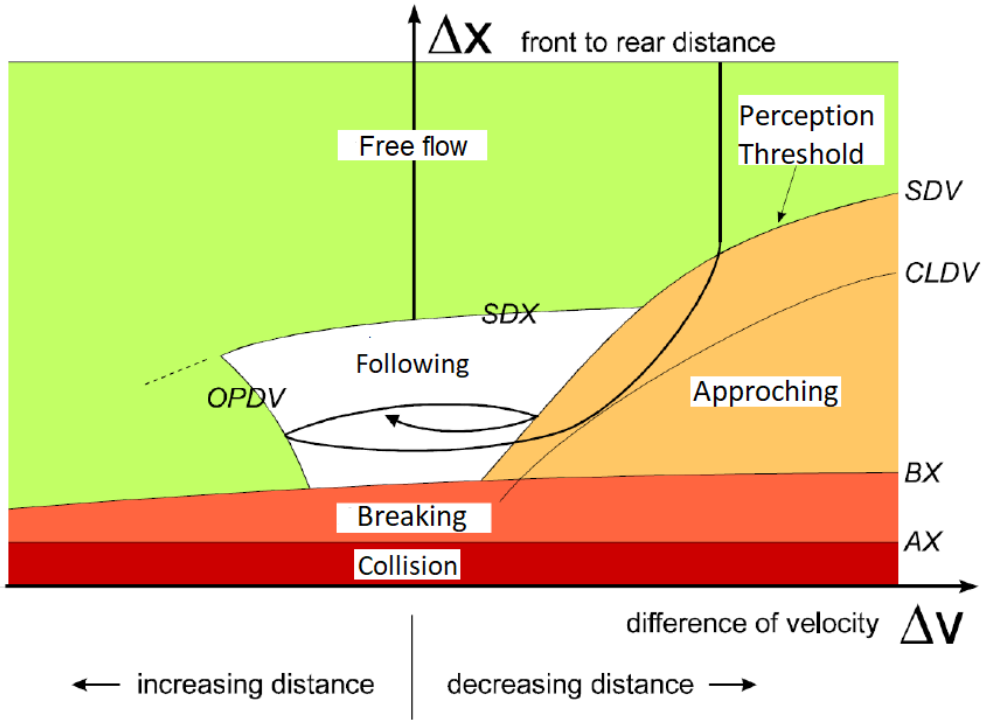
Figur 3.12. Accelerationskurver for personbiler til venstre og lange køretøjer til højre. Kurverne er fra vejreglerne [Larsen m.fl., 2019].



Figur 3.13. Decelerationskurver for personbiler til venstre og lange køretøjer til højre. Kurverne er fra vejreglerne [Larsen m.fl., 2019].

3.2.3 Kørselsadfærd

Trafikanterne i VISSIM benytter en banebaseret kørselsadfærd, hvortil der tillægges en psyko-fysisk adfærdsmodel. Banebaseret adfærd betyder, at kørseslsadfærden for trafikanterne indstilles for hvert enkelt vejelement. En psyko-fysisk adfærdsmodel betyder, at trafikanterne har en tærskel for visse sanseindtryk. I VISSIM er dette en tærskel for synsindtryk. Adfærdsmodellen er udviklet af Rainer Wiedemann og betegnes oftest som *forfølgelsesmodellen* (Car-following model). Forfølgelsensmodellen indstiller en *opfattelsestærskel* (Perception Threshold) for trafikanternes sanseindtryk. Når opfattelsestærsklen opnås, vil adfærden for trafikanten ændre sig. Dette kunne eksempelvis være en hurtigkørende bagfrakommende trafikant, der reducerer hastigheden, når trafikanten kommer tættere på en forankørende langsomtkørende trafikant. På figur 3.14 kan Wiedemanns forfølgelsesmodel ses. [Aghabayk m.fl., 2013]



Figur 3.14. Wiedemanns forfølgelsesmodel. Δx er ændring i afstand mellem trafikanterne, og Δv er ændring i hastigheden mellem trafikanterne. [Aghabayk m.fl., 2013]

På figur 3.14 ses fem stadier for trafikantens forfølgelsesadfærd. Disse forklares nedenfor [PTV Group, 2018]:

Free flow state er markeret med lysegrøn, og udgør det første stadie. Her kører trafikanten uhindret uden andre trafikanter, som der skal reageres på.

Approaching state er markeret med orange. I dette stadie vil trafikanten nå opfattelsestærsklen (Perception Threshold) for en langsomtkørende trafikant foran, hvilket ses ved værdien *SDV*. Herfra vil den hurtigtkørende trafikant påbegynde sin deceleration. Ved punktet *CLDV* opfatter trafikanten, at dens hastighed er højere end den forankørenden. Trafikanten vil fortsætte med at decelerere, til den korrekte sikkerhedsafstand opnås.

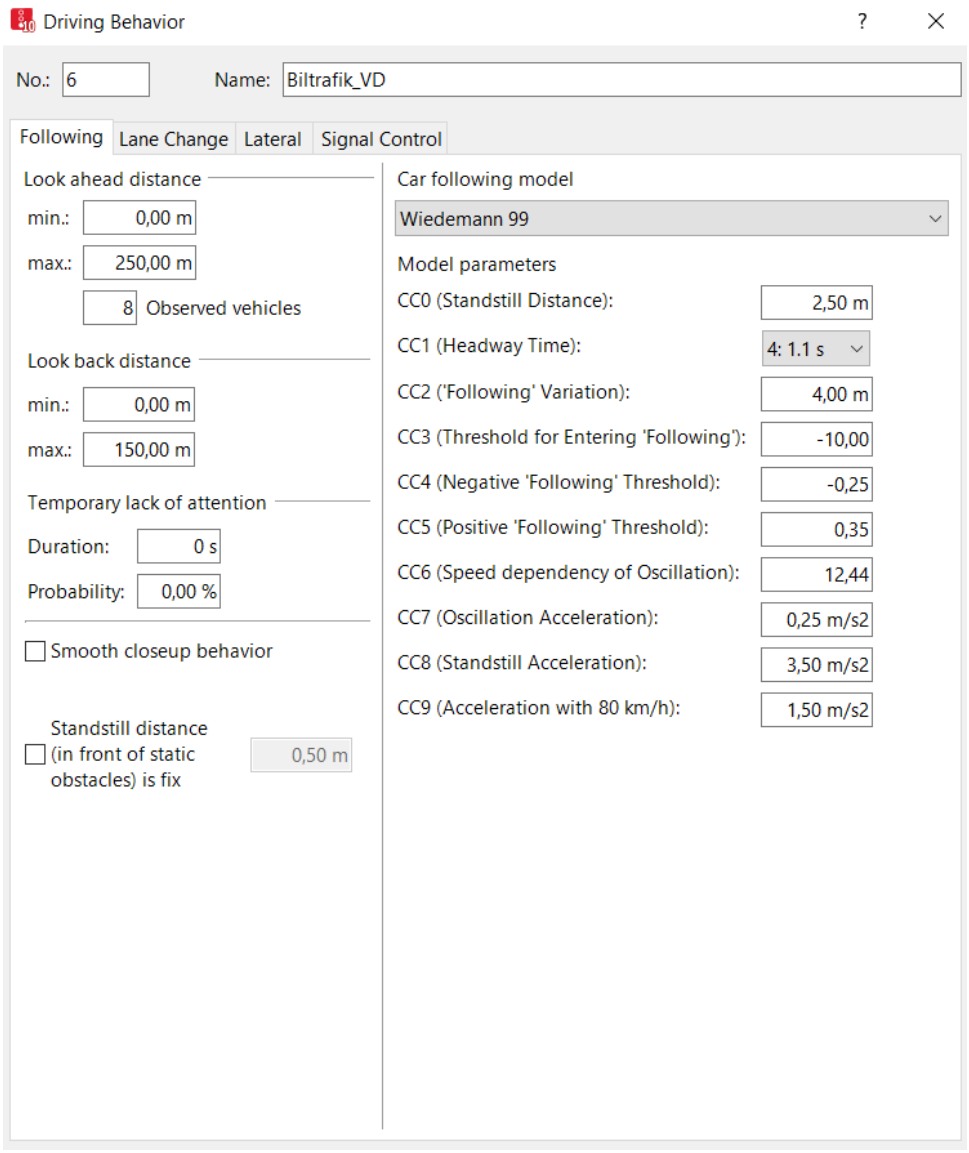
Breakting state er markeret med lys rød. Dette stadie opnås, hvis den bagvedkørende trafikants deceleration ikke er stor nok til at tilpasse sig den forankørendes hastighed. Trafikanten vil derfor bremse for at opnå den korrekte sikkerhedsafstand. Det er i dette stadie, der opstår bagendekonflikter. Tærskelværdien til dette stadie vises ved værdien *BX*, der udgør minimumsafstanden, som en trafikant vurderer som værende sikker.

Following state er markeret med hvid. Dette stadie opnås, når den korrekte sikkerhedsafstand er nået. Den bagvedkørendes hastighed og afstand vil oscillere i dette stadie. Dette skal forstås ved, at den bagvedkørende trafikant ikke kender den forankørendes hastighed. Når den bagvedkørendes hastighed bliver for lav i forhold til den forankørende, vil trafikanten sætte hastigheden op ($OPDV$), og modsat når trafikantens hastighed bliver for høj, reduceres hastigheden (SDV) for at opretholde den samme afstand. Dette er illustreret med den sorte pil, der bevæger sig i en spiral i following state. Hvis afstanden bliver for stor mellem trafikanterne, vil den bagvedkørende trafikant igen køre ved *free flow*. Dette er markeret med værdien *SDX*, hvor forfølgelsesadfærden ophører.

Collision state er markeret med mørk rød. Dette stadie opnås, hvis den bagvedkørende trafikant ikke når at bremse, og trafikanten overskrider *AX*, der er afstanden trafikanterne bør have ved stillestående afstand. Hvis den bagvedliggende trafikant fortsætter med at nærme sig, vil det ende med en kollision.

Forfølgelsesmodeller

Rainer Wiedemann har udviklet to forfølgelsesmodeller, der begge kan anvendes i VISSIM. Den første forfølgelses model blev udarbejdet i 1974 og betegnes *Wiedemann 74*. Denne model benyttes oftest i det urbane miljø, hvor der sker sammenfletning af trafikken. Den anden forfølgelsesmodel blev udviklet i 1999 og betegnes *Wiedemann 99*. Denne model benyttes oftest uden for det urbane miljø, hvor der ikke sker sammenfletning af trafikken. Konceptet omkring de to modeller minder om hinanden, dog der indgår forskellige parametre i modellerne. I dette projekt anvendes forfølgelsesmodellen *Wiedemann 99*, da projektlokaliteten er placeret i åbent land. Der indgår ti adfærdsparametre i denne model, der kan ses på figur 3.15. Værdierne i figuren er de anvendte værdier for både Scenarie 1 og 2 i projektet. De ti værdiers indvirkning på adfærden beskrives nedenfor, samt hvilke værdier de er indstillet til. [PTV Group, 2018]



Figur 3.15. Car following model fra VISSIM. Billedet viser de ti parametre for forfølgelsesmodellen Wiedemann 99.

- **CC0 (Standstill Distance) [m]**:
  Anvendt værdi: $2,50\ m$
  Indstilling for den ønskede afstand mellem det bagvedkørendes køretøj og det forankørende køretøj, når trafikanterne holder stille. Afstanden er defineret som afstanden mellem forenden af den bagvedkørende trafikant til bagenden på den forankørende trafikant.
- **CC1 (Headway Time) [s]**:
  Anvendt værdi: $1,1\ s$
  Indstilling for den ønskede mindst tilladelige tidsafstand mellem køretøjerne, som den bagvedkørende holder til den forankørende i forhold til den bagvedkørendes afstand. Højere værdier øger trafikantens forsigtighed.
- **CC2 (Following 'Variation') [m]**:
  Anvendt værdi: $4,00\ m$
  Indstiller hvornår afstanden til det forankørende køretøj bliver for stor, hvormed det bagvedkørende køretøj igen nærmer sig indtil minimumsafstanden atter opnås.
- **CC3 (Threshold for Entering 'Following') [s]**:
  Anvendt værdi: $-10,00\ s$
  Indstilling for hvornår tærskelværdien for forfølgelsesafstanden opnås (Perception threshold), hvormed decelerationsprocessen påbegyndes.
- **CC4 (Negative 'Following' Threshold) [m/s]**:
  Anvendt værdi: $-0,25\ m/s$
  Indstilling for den negative hastighedsforskel mellem køretøjerne i forfølgelsesprocessen (Following state). En lav værdi vil medfører en mere sensitiv accelerations- eller decelerationsreaktion fra det bagvedkørende køretøj i forhold til det forankørende køretøj. Denne parametre er en korresponderende værdi til CC5.
- **CC5 (Positive 'Following' Threshold) [m/s]**:
  Anvendt værdi: $0,35\ m/s$
  Indstilling for den positive hastighedsforskel mellem køretøjerne i forfølgelsesprocessen (Following state). En lav værdi vil medfører en mere sensitiv accelerations- eller decelerationsreaktion fra det bagvedkørende køretøj i forhold til det forankørende køretøj. Denne parametre er en korresponderende værdi til CC4.
- **CC6 (Speed dependency of Oscillation) [$1/(m*s)$]**:
  Anvendt værdi: $12,44\ 1/(m*s)$
  Indstilling for den bagvedkørendes oscilliering af hastighed i forhold til afstanden til den forankørende. Dette ses i figur 3.14 ved spiralen i forfølgelsesprocessen (Following state), hvor hastighedenforskellen varierer i forhold til afstanden.
- **CC7 (Oscillation Acceleration) [m/s^2]**:
  Anvendt værdi: $0,25\ m/s^2$
  Indstilling for oscillering under accelerationen. Dette betyder, at accelerationen kan svinge.
- **CC8 (Standstill Acceleration) [m/s^2]**:
  Anvendt værdi: $3,50\ m/s^2$
  Indstiller køretøjers ønskede acceleration fra stillestående tilstand. Begrænset af den maksimale acceleration defineret i accelerationskurven (se figur 3.12).
- **CC9 (Acceleration at 80 km/h)**:
  Anvendt værdi: $1,50\ m/s^2$
  Indstiller køretøjers ønskede acceleration ved 80 km/t. Begrænset af den maksimal acceleration defineret i accelerationskurven (se figur 3.12).

I projektet blev CC0 (Standstill distance) og CC1 (Headway time) undersøgt for indstilling af scenearie 2 ud fra videomaterialet af trafikken på lokaliteten. CC0 er afstanden mellem to stillestående køretøjer,

og CC1 er afstanden som funktion af hastigheden. Værdierne for CC0 og CC1 er fundet ud fra målinger på baggrund af videomaterialet. CC0 er fundet ved at måle afstanden mellem to køretøjer, når de begge holder stille og venter på at svinge ud på primærvejen fra sidevejen. Der blev foretaget 15 målinger. CC1 er fundet ved at udføre målinger af afstanden mellem køretøjer, og måling af hastigheden på den bagvedkørende trafikant. Der er foretaget 50 målinger.

Afstanden mellem to stillestående køretøjer (CC0) blev i gennemsnittet målt til 2,46 m på lokaliteten. Vejreglerne anbefaler indstillingen CC0 til 2,5 m. På grund af den lille forskel indstilles CC0 til 2,5 m for begge scenarier. Dataene fra den udførte måling kan ses i det elektroniske bilag 5: *CC0 Standstill distance*. Målingen for den ønskede mindst tilladelige tidsafstand mellem køretøjer (CC1) viste ingen sammenhæng mellem afstand og hastighed mellem køretøjer. CC1 indstilles for Scenarie 2 derfor til 1,1 s efter Scenarie 1. Dataene fra den udførte måling kan ses i det elektroniske bilag 6: *CC1 Headway time*.

Ud over forfølgelsesmodellen kan der desuden indstilles på følgende parametre, der har en indvirkning på trafikanternes evne til at orientere sig fremad og bagud:

- **Look ahead distance**:
  Anvendt minimumsværdi: $0,00\ m$
  Anvendt maksimumsværdi: $250,00\ m/s^2$
  Indstilling for den mindste og største afstand, som trafikanterne kan orientere sig fremad i længderetningen. Denne værdi er målt på Google Maps.
- **Look back distance**:
  Anvendt minimumsværdi: $0,00\ m$
  Anvendt maksimumsværdi: $150,00\ m/s^2$
  Indstilling for den mindste og største afstand, som trafikanterne kan orientere sig bagud i længderetningen. [Albrink m.fl., 2010]
- **Observed vehicles**:
  Anvendt værdi: 8 køretøjer
  Indstiller antallet af andre køretøjer, som trafikanten kan observere samtidig. [Albrink m.fl., 2010]

De angivne værdier er gældende for Scenarie 1 og Scenarie 2. Parameterindstillingerne kan desuden ses på figur 3.15.

3.2.4 Lokalitetsbaseret adfærd

Indstilling af lokalitetsbaseret adfærd indstilles specifikke steder i vejnettet, hvor hastigheden ændrer sig fra den ønskede hastighed eller ved vigepligt.

Hastighedsadfærd

Ved svingmanøvre vil trafikanters hastighed ofte reduceres i forhold til hastigheden på lige vejstrækninger. Til at reducere trafikanternes hastighed benyttes indstillingen *Reduced Speed Areas*. Ved denne indstilling indsættes der et areal et specifikt sted i vejnettet, hvor trafikanternes hastighed ønskes reduceret. Der angives desuden en værdi for trafikanternes hastighed ved kørsel over dette areal. Der kan oprettes forskellige hastigheder til de enkelte trafikantgrupper, da en personbil og en lastbil ikke nødvendigvis vil foretage en svingmanøvre ved samme hastighed. Indstillingen for *Reduced Speed Areas* får trafikanterne til at sænke hastigheden til den angivne værdi, inden trafikanterne ankommer til arealet, og trafikanterne øger først hastigheden igen, når arealet er passeret. Princippet er illustreret på figur 3.16, der viser hastighedsreduktionen for en lige vejstrækning. Princippet er det samme for hastighedsreduktion i sving.

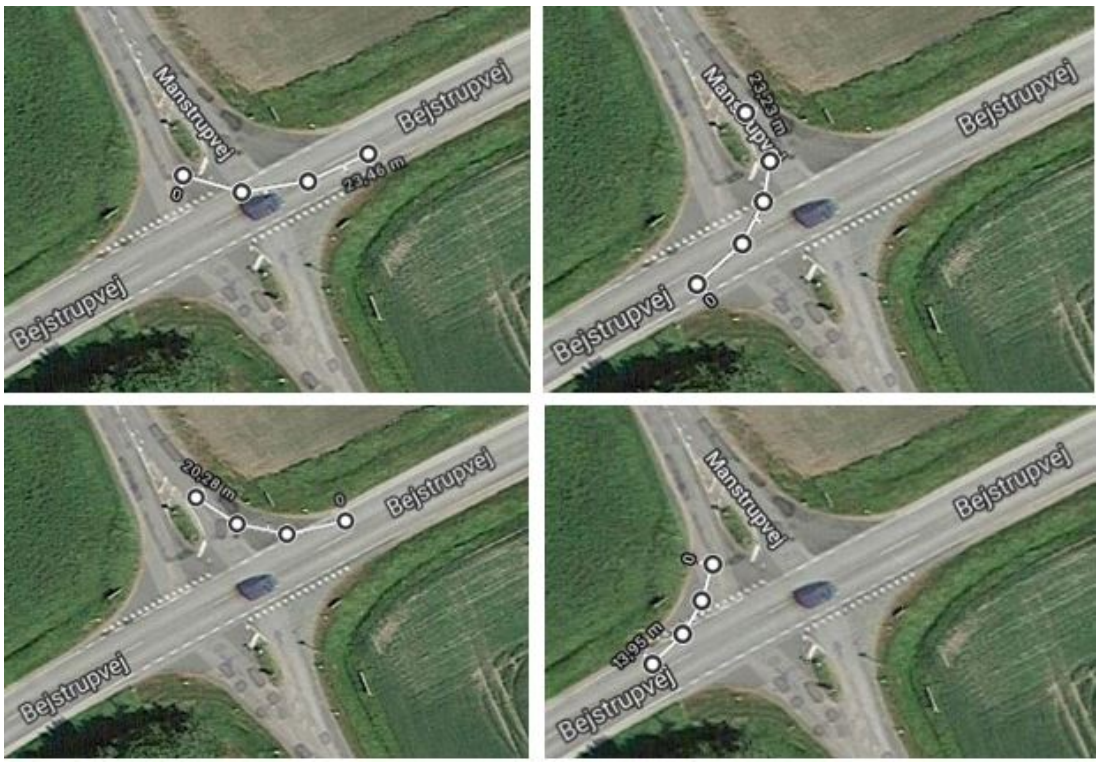
Figur 3.16. Visualisering af princippet bag indstillingen *Reduced speed areas* i VISSIM. Figuren viser hastighedsredultion for en lige strækning.

Der er anvendt de samme værdier for Scenarie 1 og 2 i projektet for *Reduced speed areas*. Ud fra videomaterialet fra lokaliteten blev personbilers hastighed ved svingmanøvre målt. Den målte gennemsnitsværdi blev afrundet til nærmeste tal, hvor fem går op i. Svinghastighederne for de forskellige svingretninger kan ses i tabel 3.1. Svinghastighederne i tabellen indstilles i VISSIM modellen for personbiler, varevogne, personbiler med trailer og motorcykler.

Tabel 3.1. Svinghastighed for personbiler, varevogne, personbiler med trailer og motorcykler fordelt på trafikstrømme på lokaliteten. Tabellen viser trafikanternes kørselsretning.

Retning		**Svinghastighed**
Fra	**Til**	**km/t**
Manstrupvej	Bejstrupvej V	20 km/t
Manstrupvej	Bejsturpvej Ø	20 km/t
Bejstrupvej V	Manstrup Strandvej	20 km/t
Bejstrupvej V	Manstrupvej	25 km/t
Manstrup Strandvej	Bejstrupvej Ø	20 km/t
Manstrup Strandvej	Bejstrupvej V	20 km/t
Bejstrupvej Ø	Manstrupvej	25 km/t
Bejstrupvej Ø	Manstrup Strandvej	20 km/t

Der er samlet udført 20 målinger fordelt på fire svingretninger. Denne stikprøvestørrelse vurderes værende acceptable, da formålet med denne måling blot var for at få en indikation af svinghastigheder. Der måles kun hastighed på trafikanter, der ikke stopper ved ubetinget vigepligt for at kunne måle den aktuelle hastighed rundt i svingene. Målepunkter for hastighedsmålingen for svingmanøvre fremgår af figur 3.17. For dataene fra hastighedsmålingerne henvises der til det elektroniske bilag 7: *Hastighedsmåling svingende trafikanter*.



Figur 3.17. Hastighedsmåling for svingmanøvre. Målinger på figurerne viser måleafstande. Målingerne er foretaget i google maps hvorfra baggrundsbilledet ligeledes stammer fra.

For køretøjstyperne lastbiler, busser og traktorer anvendes hastigheden for køremåde A i alle svingretninger svarende til 15 km/t [Vejdirektoratet, 2018].

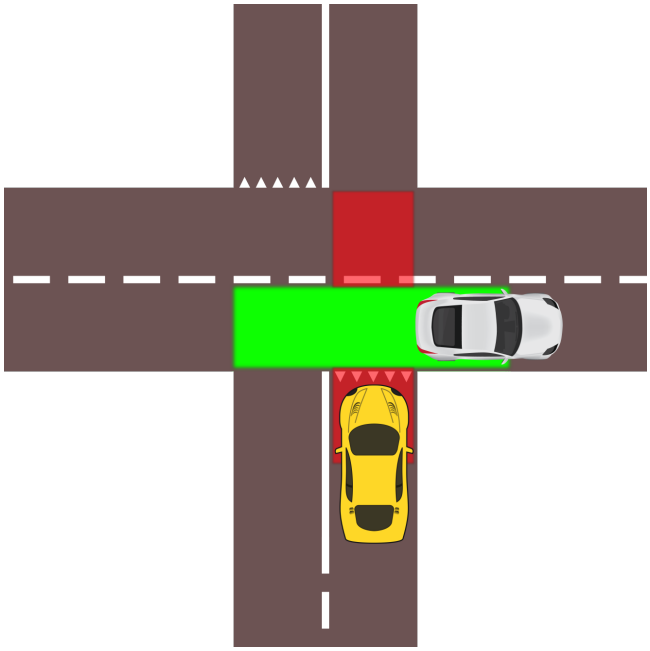
Trafikantadfærd ved vigepligt

VISSIM har to indstillinger for trafikantadfærd ved vigepligt, *priority rules* og *conflict areas*. *Priority rules* er i princippet en decideret indstilling for vigepligt. Indstillingen for *conflict areas* er imidlertid opdateret og udviklet, således denne indstilling medfører en mere korrekt kørselsadfærd i forbindelse med vigepligt [PTV Group, 2018, s. 534]. I projektet anvendes derfor *conflict areas* til indstilling af trafikantadfærden ved vigepligt. Indstillingen *conflict areas* (konfliktarealer) sikrer en mere realistisk kørselsadfærd end ved *Priority rules*, da trafikanterne planlægger deres krydsning af konfliktarealer inden, at krydsningen foretages. Dette ses bl.a. ved, at trafikanten fra den sekundære retning tilpasser hastigheden og accelerationen/decelerationen, hvormed trafikanten fletter mere hensigtsmæssigt med trafikken i primærretningen. Dette gør, at trafikanten vil forsøge at undgå en fuld opbremsning ved stopstregen. Desuden reagerer trafikanten fra den primære kørselsretning også på trafikanten fra den sekundære kørselsretning, hvis denne kører ud foran, hvormed trafikanten fra den primære kørselsretning vil tilpasse sig den anden trafikants hastighed. I forbindelse med oprettelsen af konfliktarealer i VISSIM kan en række parametre for kørselsadfærden indstilles [PTV Group, 2018, kap. 6.13.2, side 533]:

- Status
- Visibility
- Front gap og Rear gap
- Safety distance factor

På figur 3.18 ses et eksempel på, hvordan et konfliktareal ser ud. Ved opsætning af konfliktarealerne udvælges en status for, hvilken kørselsretning der har første prioritet (grøn markering), og hvilken

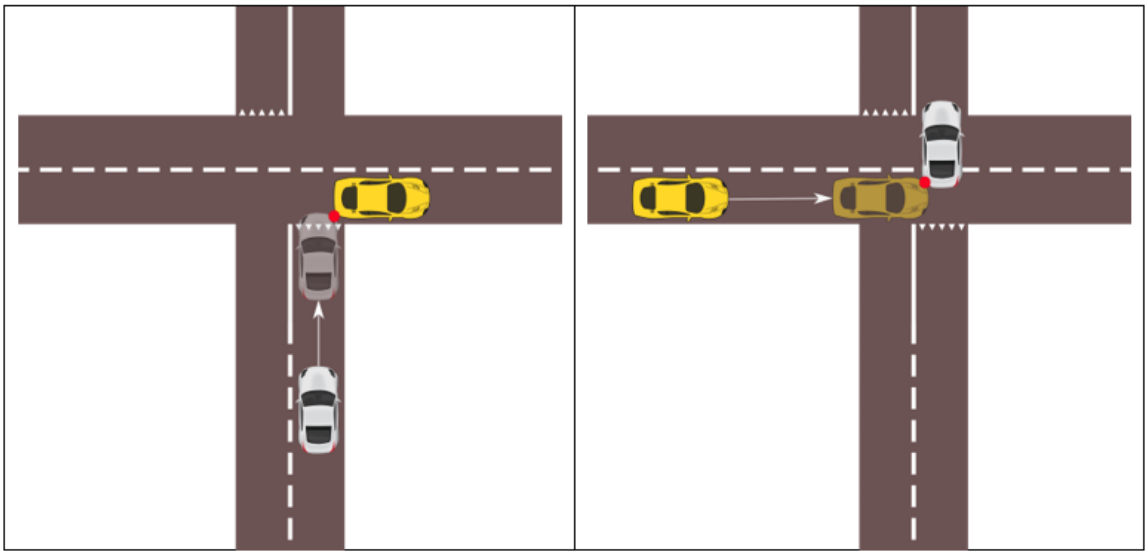
kørselsretning der skal holde tilbage (rød markering). Herved kan konfliktarealet designes efter vigepligtsforholdene på en given lokalitet.



Figur 3.18. Visualisering af *Conflict area*. Sekundær retning (rød) har har vigepligt for primær retning (grøn).

Derudover kan parameteren visibility (oversigt) indstilles. Denne parameter fastlægges til den maksimale afstand, som en trafikant, der nærmer sig konfliktarealet, kan se ud ad de andre vejgrene og dermed opfatte andre trafikanter. Denne afhænger af vejgeometrien og lokalitetens topografi. På lokaliteten er oversigten sat til *250 m* for alle konfliktarealer.

Der findes to parametre, der beskriver tidsforskellen mellem de krydsende og sammenflettende trafikanter. De to parameterindstillinger er Front gap og Rear gap. Disse parameterindstilling kan være med til at efterligne kørselsadfærden på en given lokalitet og har betydning for, hvor tæt trafikanterne kører på hinanden, og om der vil opstå konflikter. Front gap defineres som tidsforskellen mellem den første trafikants bagende på primærvejen og den anden trafikants forende på sekundærvejen målt i det samme punkt, hvor trafikanternes baner krydser, og som dermed udgør et konfliktareal. Rear gap defineres som tidsforskellen mellem den første trafikants bagende på sekundærvejen og den anden trafikants forende på primærvejen målt i det samme punkt, hvor trafikanternes baner krydser, og som dermed udgør et konfliktareal. Front gap og rear gap er illustreret på figur 3.19.



Figur 3.19. Visualisering af *Front gap* til venstre og *Rear gap* til højre.

Det er desuden muligt at gange en sikkerhedsafstandsfaktor (safety distance factor) på afstanden til den forankørende trafikant i forbindelse med sammenfletning af trafikanter på sekundærvejen til trafikstrømmen på primærvejen. Denne faktor er en ekstra sikkerhed og kan ganges på værdierne Front gap og Rear gap.

Scenarie 1

I høringsudgaven for *Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller* har Vejdirektoratet undersøgt indstillingsparametre for konfliktarealer (conflict areas). I tabel 3.2 kan værdierne for parameterindstillingerne for konfliktarealer ses, hvilket omfatter parametrene Front gap, Rear gap og sikkerhedsfaktoren. Værdierne der fremgår i tabellen er anvendt i indstillingen af Scenarie 1.

Tabel 3.2. Indstillingsparametrene for konfliktarealer (conflict areas), der omfatter værdierne for parametrene Front gap, Rear gap og sikkerhedsfaktoren fordelt på krydsningstyper. Passage ved trafikstrøm er for krydsende trafikstrømme og medkørende VS og HS er henholdsvis ved venstresving og højresving. Værdierne er fra Vejdirektoratets høringsudgave af *Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller* [Larsen m.fl., 2019, s. 51].

	Parameters navn		
	FrontGapDef	**RearGapDef**	**SafDistFactDef**
Passage af trafikstrøm	0,6 - 0,8	0,8 - 1,0	1,5
Medkørende - VS	0,5 - 0,7	0,7 - 0,9	1,5
Medkørende - HS	0,4 - 0,6	0,7 - 0,9	1,5

Scenarie 2

Til Scenarie 2 er konfliktarealerne for parametrene Front gap og Rear gap blevet nærmere undersøgt ud fra målinger på videomaterialet. Målingerne af Front gap og Rear gap er foretaget på de fundne potentielle konflikter fra det eksisterende konfliktstudie. Derudover foretages der målinger ud fra egne observationer som supplering. Disse situationer udvælges ved at tage det første Front gap og Rear gap situationer, der forekommer i vidoematerialet, hvor det vurderes, at trafikanterne kommer tæt på hinanden i tid. Til dette er der udvalgt videoer startende fra en tilfældig valgt dato fra d. 06-06-2017 til d. 09-06-2017 i tidsrummet kl. 06:00-18:00.

Der måles på to situationer for Front gap. For situation 1 måles der på trafikanter, hvor der forekommer en afstand på en vognbanebredde imellem trafikanterne inden de krydser eller sammenfletter. For situation 2 måles der på trafikanter, hvor der ikke forekommer en afstand på en vognbanebredde. Der måles på disse to situationer, da det vurderes, at der vil være forskel på Front gap værdierne afhængigt af trafikanternes placering. Rear gap situationerne deles ikke op, da det vurderes, at der ikke vil være en forskel på Rear gap værdierne. Rear gap og de to situationer for Front gap kan ses på figur 3.20. For hver af de tre situationer foretages 22 målinger. Det vurderes, at populationens størrelse er acceptabel til at få et indblik af Front gap og Rear gap situationerne for lokaliteten. Værdierne for Front gap og Rear gap, der indsættes i VISSIM modellen, udvælges til at være den laveste registrerede værdi for hver situation for at få det værste forekomne tilfælde.

Figur 3.20. Illustration af Front gap situation 1 til venstre, Front gap situation 2 i midten og rear gap til højre.

Ud fra målingen blev følgene værdier til parameterindstillingerne fundet:

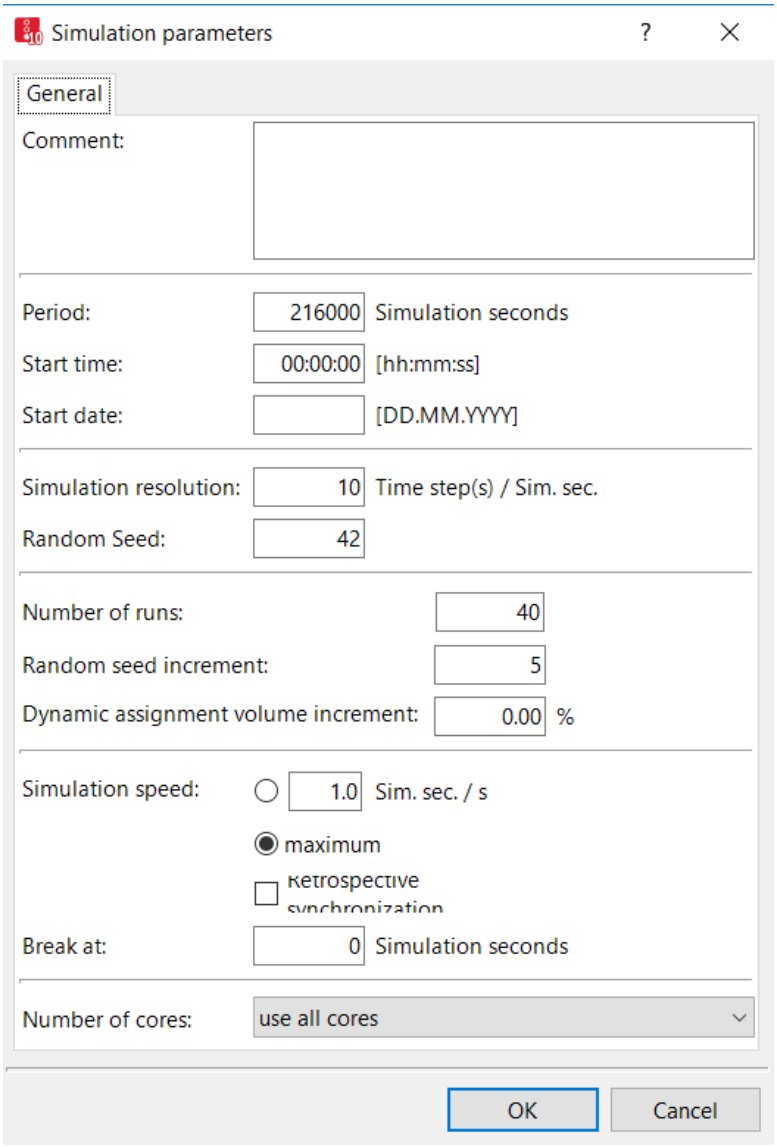
- Front gap med en vognbane afstand (Situation 1) = 1,00 sek.
- Front gap uden vognbane afstand (situation 2) = 0,90 sek.
- Rear gap = 1,07 sek.

Da disse målinger er direkte fra lokaliteten, vurderes det, at trafikanterne holder en tilpas sikkerhedsafstand i trafikafviklingen, og derfor benyttes en *Safety distance factor* på 1,0.

Data for Front gap og Rear gap kan ses i det elektroniske bilag 8: *Frontgap og reargap.*

3.2.5 Simuleringsparametre

I VISSIM skal der indstilles en række parametre for simuleringen. Dette gøres under indstillingen *Simulation parameters*. Simuleringsparametrene og de indsatte værdier for Scenarie 1 og 2 kan ses på figur 3.21.



Figur 3.21. Anvendte værdier for simuleringsparametrene i VISSIM.

Indstilling af simuleringsparametre:

- **Period:**
  Anvendt værdi: 216.000 *sek.*
  Indstilling for længden af simuleringen, der angiver antal sekunder, som der simuleres i. De 216.000 sekunder svarer til fem dage, hvor der simuleres i 12 timer hver dag, som er den anvendte simuleringsperiode i projektet.
- **Simulation resolution:**
  Anvendt værdi: 10 *time steps/Sim. sek.*
  Indstilling for hvor mange gange hvert køretøjs placering beregnes for hvert sekund i simuleringen. Da denne data fra simuleringen skal bruges til konfliktstudiet, vil en høj værdi for denne parameter give mere præcise målinger.
- **Number of runs:**
  Anvendt værdi: 40
  Indstilling for antallet af gange, simuleringen skal gentages.
  I dette projekt opsættes VISSIM modellen til trafik for en uge. Da det ønskes at få resultater for en måned, vil den opsatte uge i VISSIM blive simuleret 4 gange.
  I vejreglen *Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller* anbefales det at gentage en simulering mellem

10 og 20 gange, for at der tages højde for variationer i simuleringens resultater [Albrink m.fl., 2010, s. 64]. For at tage højde for variationer i simuleringerne udføres der 10 repetitioner. Altså vil de fire simuleringer, der udgør en måned, blive simuleret 10 gange, hvormed parameteren indstilles til værdien 40.

- **Random seed:**
  Anvendt værdi: 42
  Indstilling for den første *seed*, hvorfra den stiger med det valgte interval defineret under *Random seed increment*.

I VISSIM kan det indstilles om antallet af trafikanter, der kommer ind i hvert tidsinterval, skal være det samme ved hvert *seed*, eller om det skal variere stokastisk. Dette indstilles, når trafikken indsættes under programmets indstilling *Vehicle input*, hvor trafikken enten kan sættes til at komme ind med eksakte trafikmængder eller om trafikmængden skal være stokastisk fordelt. I dette projekt benyttes der en stokastisk fordeling. Dette gøres, da trafikken for én uge anvendes til simulering af flere uger, og det ønskes, at trafikken varierer mellem ugerne.

3.3 Konfliktstudie

I projektet udføres der to konfliktstudier: et i det semi-automatiske program T-Analyst på baggrund af det eksisterende konfliktstudie og et i konfliktsimuleringsværktøjet SSAM på baggrund af VISSIM simuleringerne.

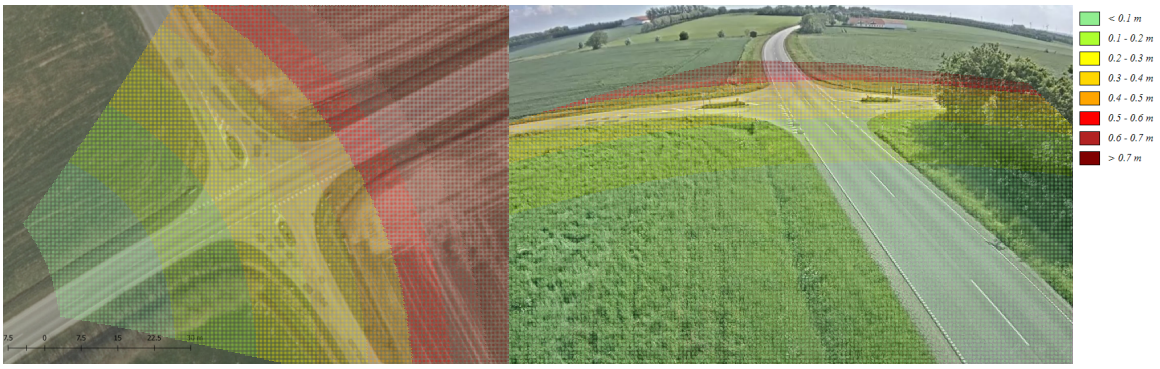
3.3.1 Konfliktstudie med T-Analyst

Fra det eksisterende konfliktstudie på lokaliteten er der fundet 22 potentielle konflikter mellem bilister ved hjælp af programmet RUBA. Disse potentielle konflikter er blevet vurderet i et Delphi studie til at omfatte fem konflikter i mindre alvorlig og alvorlig grad. Det vurderes at medtage i alt 12 af de 22 potentielle konflikter til videre analyse i dette projekt. De 12 udvalgte konflikter består af de fem udvalgte konflikter fra Delphi studiet. Derudover er det vurderet at medtage yderligere syv potentielle konflikter, der vurderes værende kategoriseret som mulige konflikter, ud fra kriterier som tæthed i tid og rum. Det er valgt ikke at medtage alle potentielle konflikter til videre analyse, da trafikanterne i de øvrige potentielle konflikt situationer, vurderes værende for langt fra hinanden i tid og rum. Desuden var en af konflikterne en konflikt mellem en bilist og en cykel, som er en type konflikt, der ikke betragtes i dette projekt. De 12 udvalgte konflikter analyseres i programmet T-Analyst [Lund Universitet, 2019]. Resultaterne fra Delhpi studiet kan ses på det elektroniske bilag 9: *Delphi studie*.

T-Analyst er et semi-automatisk videoanalyseprogram, der kan anvendes til at beregne og analysere trafikale konflikter ud fra videomateriale [Lund Universitet, 2019]. Programmet kan bestemme tidsbaserede indikatorer for interaktionen mellem to trafikanter, f.eks. TTC, og TAdv. Ud fra indikatoren TAdv kan PET. T-Analyst opsættes ved først at foretage en kalibrering. Hertil anvendes et ortofoto af lokaliteten og et billede fra videomaterialet, hvor kalibreringspunkter fra de to billeder placeres. På figur 3.22 ses kalibreringsprocessen, hvor der indsættes målepunkter til kalibreringen.

Figur 3.22. Kalibreringspunkter indsat i T-Calibration. Til venstre ses punkter på ortofoto og til højre ses de tilhørende punkter fra videoen.

Kalibreringsfilen vil indeholde en måleusikkerhed. Usikkerheden kan ses illustreret på figur 3.23, hvor måleusikkerheden stiger jo længere væk der måles fra kameraet. Grunden til denne usikkerhed langt væk fra kameraet er, at hver pixel vil dække et større areal end det vil gøre tættere på. Derfor vil en måling længere væk fra kameraet på én pixel give en større måleusikkerhed end tættere på.



Figur 3.23. Billedet viser usikkerheden, der er i kalibreringsfilen fra T-Calibration.

Efter kalibreringen indhentes kalibreringsfiler og videomateriale af konflikterne i T-Analyst. Til registrering af trafikanternes baner udføres der en manuel indtastning ved gennemgang af videomaterialet. På figur 3.24 ses de manuelle indtastninger af trafikanternes baner.

Figur 3.24. Behandling af konflikter i T-Analyst. Registrering af køretøjers baner. Billederne er fra programmet T-Analyst.

Konflikterne kan herefter behandles i T-Analyst, og konflikternes værdier for TTC og PET bestemmes.

3.4 Grænseværdier for trafiksikkerhedsindikatorer

Ud fra litteraturstudiet, afsnit 2.2.3, blev der foretaget en undersøgelse af grænseværdier for indikatorerne TTC og PET til definition af konflikter i trafikale situationer i konfliktstudier. Ud fra litteraturstudiet ses det, at der er anvendt mange forskellige grænseværdier gennem tiden, og der findes ingen standardisering af grænseværdierne i forhold til type af konflikt, trafikanttype eller lokalitetstype. De mest anvendte grænseværdier fra studierne er TTCmin $\leq$ 1,5 sek. og PET $\leq$ 1,0 sek. Betragtes grænseværdierne kun for prioriterede kryds er der enighed om værdierne TTCmin $\leq$ 1,5 sek. og PET $\leq$ 1,0 sek. Det er ikke lykkedes at finde grænseværdier for prioriterede kryds i åbent land. I studierne, hvor konflikter identificeres ved simulering i VISSIM og SSAM, anvendes høje TTCmin grænseværdier, der går fra 1,6 til 3,0 sek. Grænseværdien for PET ved anvendelse af VISSIM og SSAM er 1,5 sek.

Ved analysering af potentielle konflikter fra det eksisterende konfliktstudie i programmet T-Analyst gav resultaterne kun én konflikt ud af de 12 potentielle konflikter, hvis grænseværdierne TTCmin $\leq$ 1,5 sek. og PET $\leq$ 1,0 sek. blev anvendt. Ved ændring af PET til grænseværdien 1,5 sek. og bibeholdelse af TTCmin $\leq$ 1,5 sek. vil resultaterne give syv konflikter ud af de potentielle 12 konflikter. Herved fås et bedre sammenligningsgrundlag for konflikterne i det eksisterende konfliktstudie fra T-Analyst til vurdering i forhold til konflikterne i SSAM.

På baggrund af litteraturstudiet og resultaterne fra T-Analyst vælges der derfor i dette projekt at anvende følgende grænseværdier for TTCmin og PET:

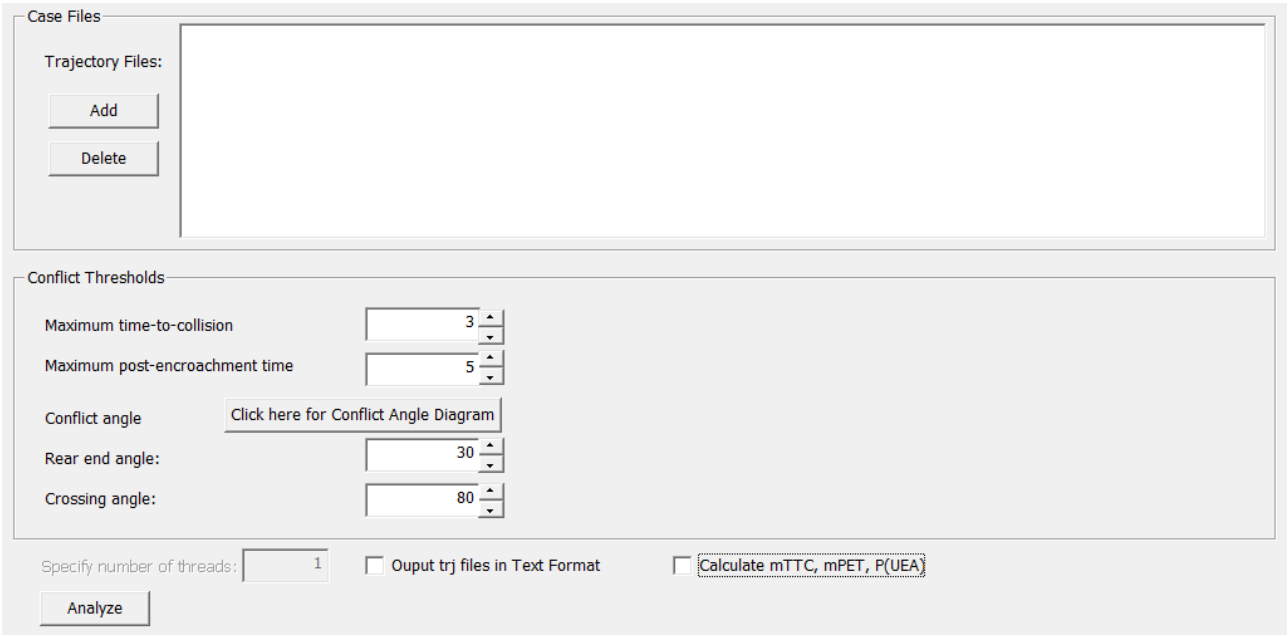
- TTCmin $\leq$ 1,5 sek.
- PET $\leq$ 1,5 sek.

En konflikt i dette projekt defineres således ud fra enten at overholde grænseværdien TTCmin eller PET. Da PET er en indikator for konflikter, hvor trafikanter er på krydsende kurs, vil konflikter af typen bagendekollisioner kun blive vurderet ud fra grænseværdien TTCmin. De fastlagte grænseværdier for TTCmin og PET vil blive anvendt til identificering af konflikter i programmerne T-Analyst og SSAM.

3.4.1 Konfliktstudie med VISSIM og SSAM

SSAM (Surrogate Safety Assessment Model) er et konfliktsimuleringsværktøj, der benytter trajectory filer fra trafiksimuleringsprogrammer, såsom VISSIM, til at beregne konflikter. Trajectory filerne registrerer et køretøjs bane svarende til den manuelle registrering, som foretages i T-Analyst, der er beskrevet i det forrige afsnit.

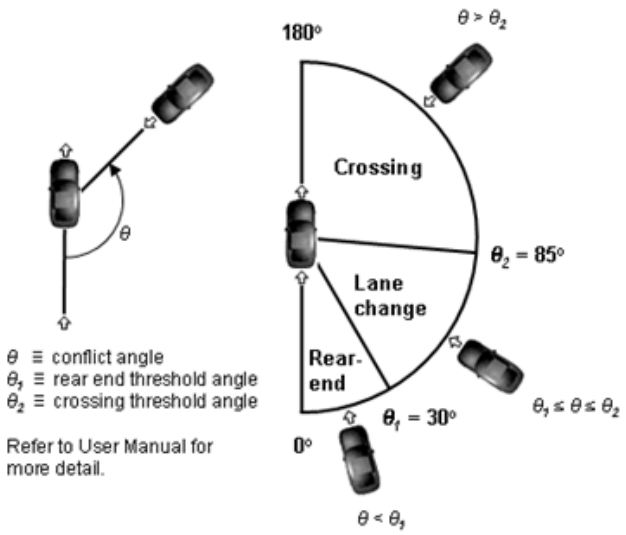
Trajectory filerne fra VISSIM kan indhentes i programmet SSAM, og alle simulerede køretøjers bane kan derved analyseres. I SSAM registreres og analyseres konflikter ud fra indikatorerne TTC og PET, hvor grænseværdier for disse indtastes. På figur 3.25 ses programopsætningen for SSAM.



Figur 3.25. Illustration af programopsætning i SSAM.

I parameteropsætningen i SSAM er grænseværdierne sat til henholdsvis 3 sek. for TTC og 5 sek. for PET, hvilket er højere end de fastsatte grænseværdier, der definerer konflikter i projektet (TTC $\leq$ 1,5 sek. og PET $\leq$ 1,5 sek.). De højere grænseværdier er valgt, da dette muliggør en efterfølgende dataanalyse af konflikterne med forskellige grænseværdier.

I programopsætningen er det muligt at indstille vinklerne for, hvornår en konflikt betegnes som henholdsvis bagendekonflikt (Rear end angle), konflikt ved vejbaneskift (Lane change angle) og krysende konflikt (Crossing angle). Bagendekonflikter er sat til at gælde for vinkler i intervallet 0° - 30° , konflikter ved vejbaneskift er sat til 30° - 85° og krydsende konflikter er sat til 85° - 180° . Disse værdier er standardværdier i SSAM, og de anvendes i projektet. På figur 3.26 ses grafisk, hvordan konflikttyperne registreres i forhold til vinklen.

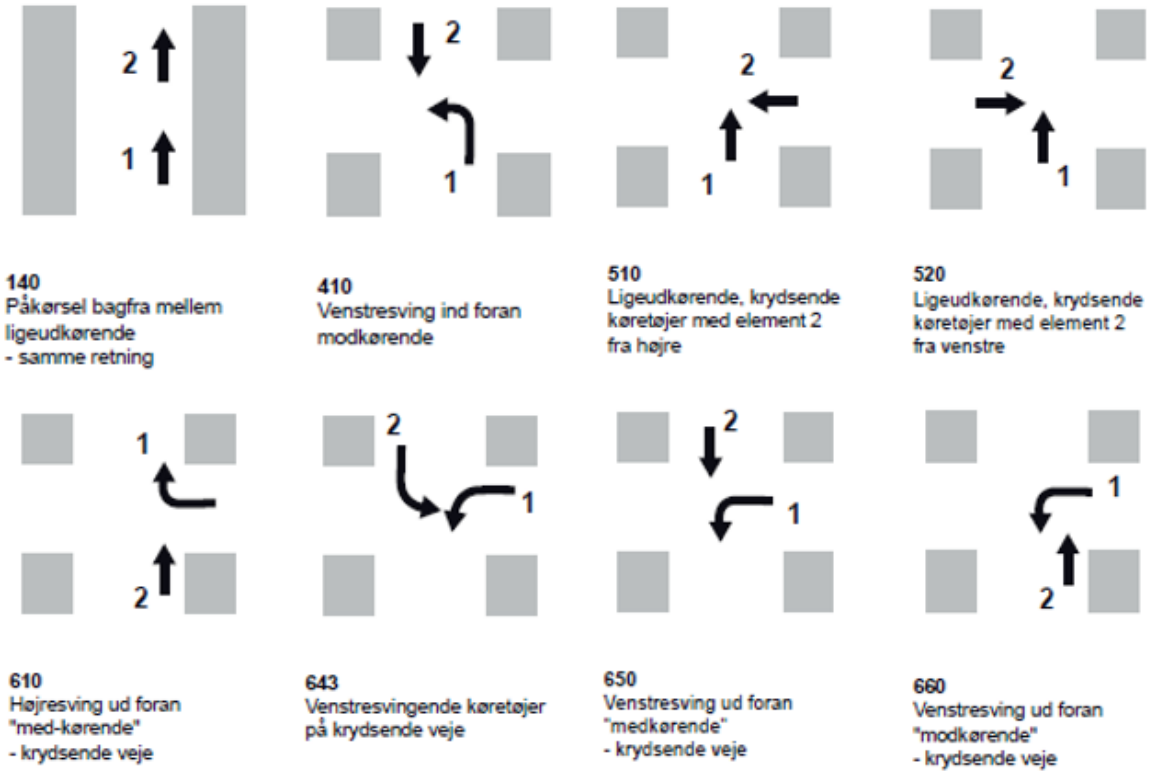


Figur 3.26. Vinkler hvormed de forskellige konflikttyper registreres i SSAM.

SSAM registrerer alle tilfælde, hvor trafikanternes baner medfører, at de målte værdier ligger inden for de fastsatte grænseværdier, og dermed defineres som værende en konflikt. Ved hver konflikt registreres data i form af beregnede TTC- og PET-værdier og konflikttype.

3.4.2 Databehandling af resultater fra konfliktstudie

Konfliktstudiet baseres på teorien om, at konflikter og uheld er sammenlignelige. De fundne konflikter i projektet vil blive databehandlet og præsenteret ud fra uheldssituationer [Vejdirektoratet, 2015], der i projektet omtales konfliktsituationer. En konflikt vil dermed blive beskrevet ud fra den uheldssituation, som konflikten ville have endt ud i, hvis trafikanterne ikke havde foretaget en undvigende manøvre. Konfliktsituationerne defineres ud fra situationerne, der kan ses på figur 3.27.



Figur 3.27. Illustration af definition af uhelds- og konfliktsituationer i projektet. Situationerne er fra vejreglerne [Vejdirektoratet, 2015].

Vejdirektoratet anvender i uheldsanalyser kollisionsdiagrammer for at illustrere uheld på en lokalitet [Vejdirektoratet, 2015]. I dette projekt anvendes disse diagrammer, dog omdannet til "konfliktdiagrammer", hvorpå uheld og konflikter illustreres. Konflikterne illustreres med åbne pile, og uheldene illustreres med lukkede pile. I dette projekt kan det ud fra VISSIM simuleringerne ikke vides, om de forekomne uheld er med eller uden personskade. Uheldene illustreres i dette projekt med signaturen for uheld uden personskade. Hvis den samme type konflikt forekommer flere gange, eksempelvis 5 gang, vil konfliktsituationens nummer blive angivet med x5. Konfliktdiagrammerne vil i dette projekt blive anvendt til præsentation af resultaterne.

3.5 Sammenligning

Som sammenligningsgrundlag for resultaterne fundet ved trafiksimulering i projektet anvendes uheldsdata fra lokaliteten samt resultater fra det eksisterende konfliktstudie fundet i T-Analyst. Uheldsdata og konfliktstudiet er gennemgået nedenunder.

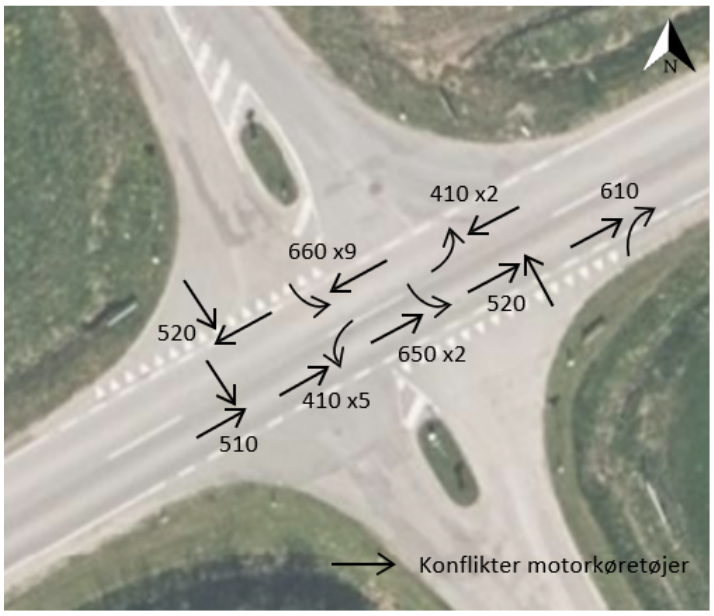
3.5.1 Uheldsdata

I det firbenede prioriterede kryds Manstrupvej/Bejstrupvej/Manstrup Strandvej ved byen Manstrup er der over de sidste fem år i perioden 2014-2019 blevet registreret ét uheld i uheldsdatabasen vejman.dk. I denne periode er der ikke foretaget ændringer i krydsudformningen på lokaliteten. Uheldet er af typen uheldssituation 510, hvilket er et uheld mellem krydsende køretøjer. I uheldsrapporten beskrives uheldet at være foregået mellem en ligeudkørende bilist i kørselsretningen fra Manstrupvej til Manstrup Strandvej og en anden ligeudkørende bilist i kørselsretningen Bejstrupvej Vest til Bejstrupvej Øst. I uheldet overtrådte bilisten fra Manstrupvej sin vigepligt og påkørte bilisten på Bejstrupvej. I uheldsrapporten er føret noteret som tørt, og kørselshastighederne er skønnet værende 10 km/t for bilisten fra Manstrupvej og 80 km/t for bilisten fra Bejstrupvej. Uheldet kan ses illustreret på figur 3.28.

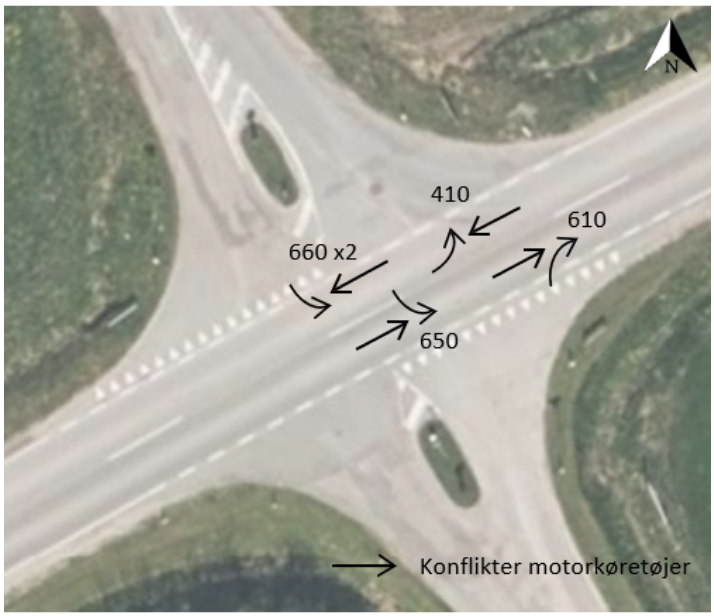
Figur 3.28. Uheldsdiagram over uheld i perioden 2014-2019 i krydset Manstrupvej/Bejstrupvej/Manstrup Strandvej. Baggrundskort er fra vejman.dk.

3.5.2 Eksisterende konfliktstudie

Trafikforskningsgruppen på Aalborg Universitet har i samarbejde med Jammerbugt Kommune undersøgt konfliktstudie som et supplement til en uheldsanalyse [Tanja Madsen og Lahrmann, 2017]. Projektet har vist, at datagrundlaget for en lokalitet kan øges med et konfliktstudie i forhold til et uheldsstudie med få uheld og et begrænset datagrundlag. Med et supplerende konfliktstudie opnås et bedre billede af trafiksikkerheden på lokaliteten. En af lokaliteterne for studiet er det firbenede prioriterede kryds Manstrupvej/Bejstrupvej/Manstrup Strandvej ved byen Manstrup. Konfliktstudiet er baseret på videomateriale fra Aalborg Universitet, hvor lokaliteten er optaget en måned fra d. 20-05-2017 til 17-06-2017 i tidsrummet kl. 05:00 til 22:00. Konfliktstudiet er foretaget semi-automatisk og til udpegning af konflikter er videoanalyseprogrammet Road User Behaviour Analysis (RUBA) anvendt. Resultatet af konfliktstudiet er 22 potentielle konflikter mellem bilister. Ved hjælp af et Delphi studie er disse potentielle konflikter sorteret til fem mindre alvorlige og alvorlige konflikter. De potentielle konflikter og de udpegede konflikter ved Delphi studiet kan ses illustreret på figur 3.29 og 3.30.



Figur 3.29. Konfliktdiagram over det eksisterende konfliktsstudies 22 potentielle konflikter udpeget ved hjælpe af RUBA. Baggrundsbillede stammer fra vejman.dk.



Figur 3.30. Konfliktdiagram over det eksisterende konfliktsstudies fem mindre alvorlige og alvorlige konflikter udpeget ved Delphi studie. Baggrundsbillede stammer fra vejman.dk.

I de fundne konflikter er hastigheden generelt for høj for trafikanterne på primærvejen Bejstrupvej. Hastighedsmålinger foretaget ved hjælp af programmet RUBA bekræfter en høj hastighed på lokaliteten. På Bejstrupvej i vestgående kørselsretning blev gennemsnitshastigheden målt til 88 km/t og 85 %-fraktilen 101 km/t. På Bejstrupvej i østgående kørselsretning blev gennemsnitshastigheden målt til 83 km/t og 85 %-fraktilen 101 km/t. [Tanja Madsen og Lahrmann, 2017]

Resultater 4

Resultaterne der beskrives i dette kapitel er fra det eksisterende konfliktstudie udført i T-Analyst og det simulerede konfliktstudie i SSAM. Resultaterne vil blive præsenteret ud fra konfliktsituationer på konfliktdiagrammer. Derudover vil resultaterne blive sammenlignet og statistisk testet.

4.1 Konfliktstudie med T-Analyst

På baggrund af det eksisterende konfliktstudie på lokaliteten er der udført et konfliktstudie ved hjælp af det semi-automatiske videoanalyseprogram T-Analyst. Ved behandling af de 12 udvalgte potentielle konflikter fra det eksisterende konfliktstudie i T-Analyst er følgende resultater fundet, som er præsenteret i tabel 4.1.

Tabel 4.1. Tabel over 12 udvalgte potentielle konflikter fra det eksisterende konfliktstudie og deres resultater fra behandling i T-Analyst. X markerer de målte konflikter med PET $\leq$ 1,5 sek.

Video ID	**TTC [sek.]**	**PET [sek.]**	**Registreret konflikt i T-Analyst**	**Konflikt-situation**	**Projekt-gruppens vurdering**
1	-	1,45	X	660	Konflikt
2	-	1,01	X	660	Konflikt
3	-	3,13	-	650	Ingen konflikt
4	-	1,44	X	660	Konflikt
5	-	1,43	X	660	Konflikt
6	-	-	-	610	Ingen konflikt
7	-	-	-	520	Ingen konflikt
8	-	1,13	X	660	Konflikt
9	-	-	-	410	Ingen konflikt
10	2,55	1,13	X	650	Konflikt
11	-	0,93	X	410	Konflikt
12	-	1,79	-	660	Konflikt

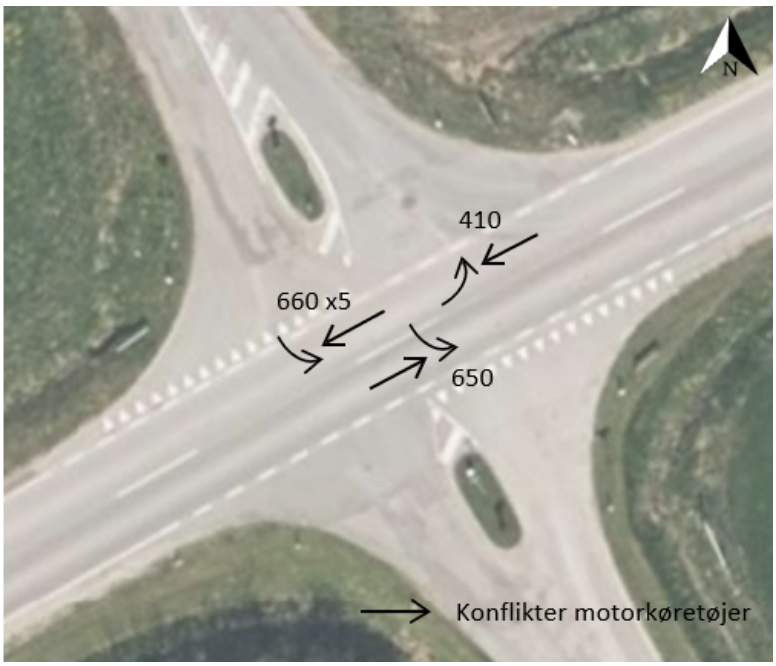
Ud fra resultaterne i tabel 4.1 fremgår det, at for tre af de potentielle konflikter (video 6, 7 og 9) forekom der ingen målinger af hverken TTC eller PET. I én af de potentielle konflikter (video 10) blev en TTC-værdi beregnet, hvilket dermed er den eneste konflikt, hvor trafikanterne er på kollisionskurs. De syv potentielle konflikter fra video 1, 2, 4, 5, 8, 10 og 11 har PET-værdier under den fastsatte grænseværdi på PET $\leq$ 1,5 sek., derfor vurderes disse, at blive kategoriseret som konflikter. De resterende fem konflikter fra video 3, 6, 7, 9 og 12 har PET-værdier over den fastsatte grænseværdi, og disse vurderes derfor ikke at være konflikter.

Ved at gennemse videomaterialet for konflikterne valideres de syv konflikter til reelt at være konflikter. Konflikterne på video 1, 2, 4, 5, 8 og 11 omfatter trafikanter, der ikke er på kollisionskurs, dog krydser trafikanterne et fælles konfliktareal, og herved vurderes trafikanterne at komme forholdsvist tæt på hinanden tidsmæssigt. Konflikten fra video 10 omfatter trafikanter, der er på kollisions kurs. Kollisionskursen ophæves med en undvigende bremsemanøvre, dog vurderes trafikanterne at komme tæt på hinanden tidsmæssigt. Den mest alvorlige konflikt vurderes ud fra videoerne at være video 11, hvilket stemmer overens med T-Analysts PET-måling, der identificerer denne, som værende mest alvorlig tidsmæssigt ved PET indikatoren.

Konflikten fra video 3 defineres til ikke at være en konflikt ud fra PET indikatoren, da konfliktens PET-værdi er 3,13 sek. Ud fra videomaterialet vurderes dette at være korrekt. En trafikant kører ud fra Manstrupvej og standser midt i krydsområdet for at holde tilbage for en anden trafikant med høj hastighed, der kommer fra Bejstrupvej Vest. Trafikanterne er tæt på hinanden afstandsmæssigt, dog ikke tidsmæssigt, da den første trafikant holder stille. Ligeledes defineres konflikten fra video 12 ikke at være en konflikt ud fra PET indikatoren, da konfliktens PET-værdi er 1,79 sek. Ud fra videomaterialet kunne denne konflikt imidlertid vurderes som værende en konflikt. Konflikten omfatter trafikanter, der ikke er på kollisionskurs, dog krydser trafikanterne et fælles konfliktareal, hvorved trafikanterne kommer forholdsvist tæt på hinanden tidsmæssigt.

For konflikterne fra video 6, 7 og 9 registreres der ingen TTC- eller PET-værdier i T-Analyst. I video 6 er den trafikale situation blevet vurderet til at være en potentiel konflikt ud fra Delphi studiet, dog vurderes situationen til ikke at være en konflikt. I situationen udføres en kontrolleret opbremsning, hvormed trafikanterne ikke kommer tæt på hinanden afstands- eller tidsmæssigt. I video 7 er den trafikale situation blevet vurderet til at være en potentiel konflikt ud fra Delphi studiet, dog vurderes situationen til ikke at være en konflikt. I situationen krydser to trafikanter det samme konfliktareal, men de vurderes at være langt fra hinanden tidsmæssigt. I video 9 er den trafikale situation i første omgang blevet vurderet værende en potentiel konflikt. Delphi studiet vurderer imidlertid, at situationen ikke er en konflikt. Konflikten blev medtaget på grund af en mærkelig kørselsadfærd i videoen, hvor en trafikant kører i det modsatte spor. Trafikanterne krydser et fælles konfliktareal, de er dog langt fra hinanden tidsmæssigt.

De syv konflikter fra det eksisterende konfliktstudie, der er identificeret i T-Analyst, er illustreret på et konfliktdiagram på figur 4.1.



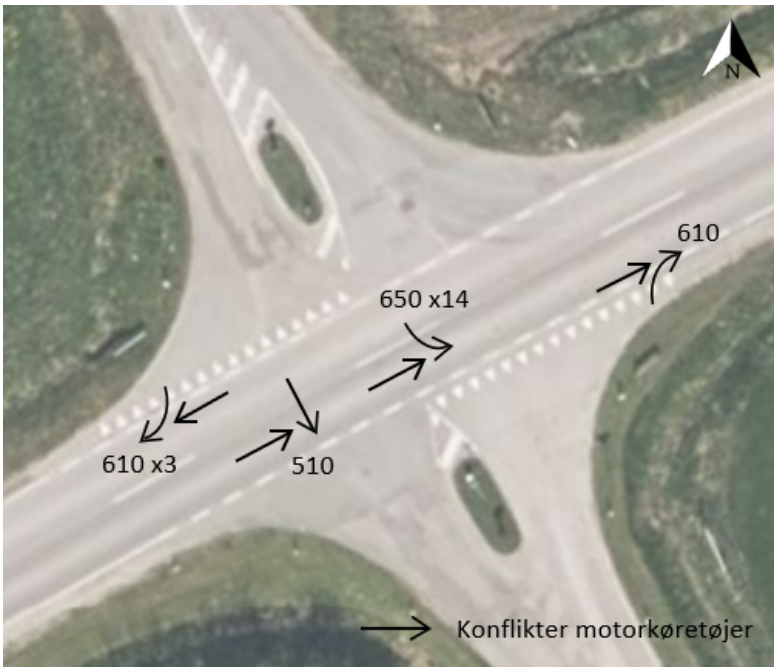
Figur 4.1. Konfliktdiagram over de syv konflikter identificeret i T-Analyst og de dertilhørende uheldssituationer. Baggrundsbillede er fra vejman.dk.

Den hyppigst forekomemde konflikt i det eksisterende konfliktstudie udgøres af konfliktsituation 660: Venstresving ud foran modkørende ved krydsende veje. Denne situation forekommer fem gange ud af de syv registrerede konflikter. Derudover forekommer der én konfliktsituation 410: Venstresving ind foran modkørende, og én konfliktsituation 650: Venstresving ud foran medkørende ved krydsende veje. Ud fra resultaterne ses et mønster i form af, at flest forekommende konflikter sker ved krydsende situationer med svingning fra sekundærvejen Manstrupvej ud på primærvejen Bejstrupvej. Der ses ligeledes et mønster i, at der i de flest forekommende konflikter er impliceret en trafikant fra Bejstrupvej Øst i kørselsretningen mod Bejstrupvej Vest.

4.2 Konfliktstudie med SSAM

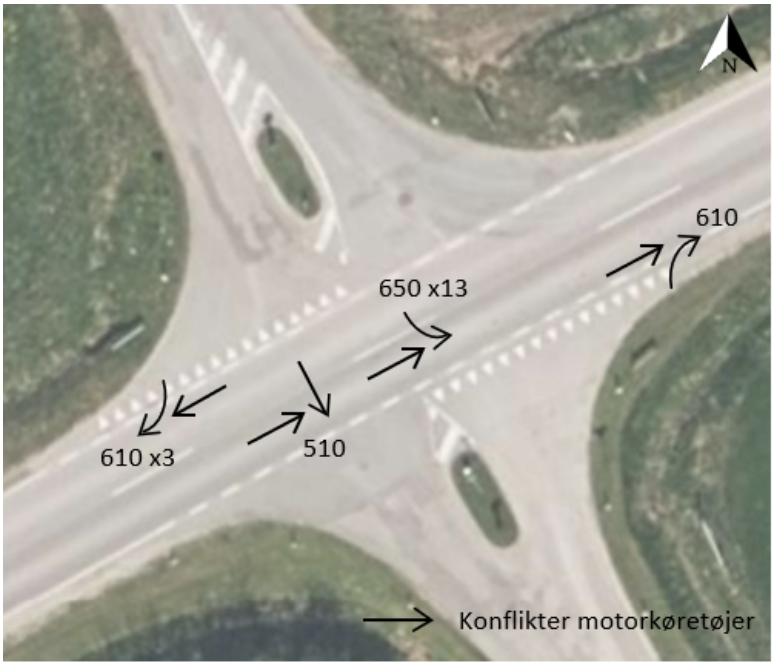
På baggrund af VISSIM simuleringerne er der udført et konfliktstudie i det semi-automatiske konfliktsimuleringsværktøj SSAM. Ved analysering af trajectory filerne i SSAM er der identificeret en række konflikter. Resultater og data for de 10 simuleringer for Scenarie 1 og 2 kan ses i de elektroniske bilag 10: *Resultater SSAM Scenarie 1* og 11: *Resultater SSAM Scenarie 2*, og konfliktdiagrammerne kan ses i appendiks D. Der er udarbejdet en median for konflikterne fordelt på konfliktsituationer for alle VISSIM simuleringerne for både Scenarie 1 og 2. Disse gengives i konfliktdiagrammerne på henholdsvis figur 4.2 og 4.3. Medianen giver middeltendensen i datasættene. Ved at anvende medianen bliver dataene mere stabile over for ekstreme observationer, modsat middelværdien der vil blive påvirket af det.

Gennemsnit af konflikter Scenarie 1: Vejregel version:



Figur 4.2. Konfliktdiagram af medianen af alle 10 VISSIM simuleringer for Scenarie 1. Baggrundsbillede er fra vejman.dk.

Gennemsnit af konflikter Scenarie 2: Kalibreret version:



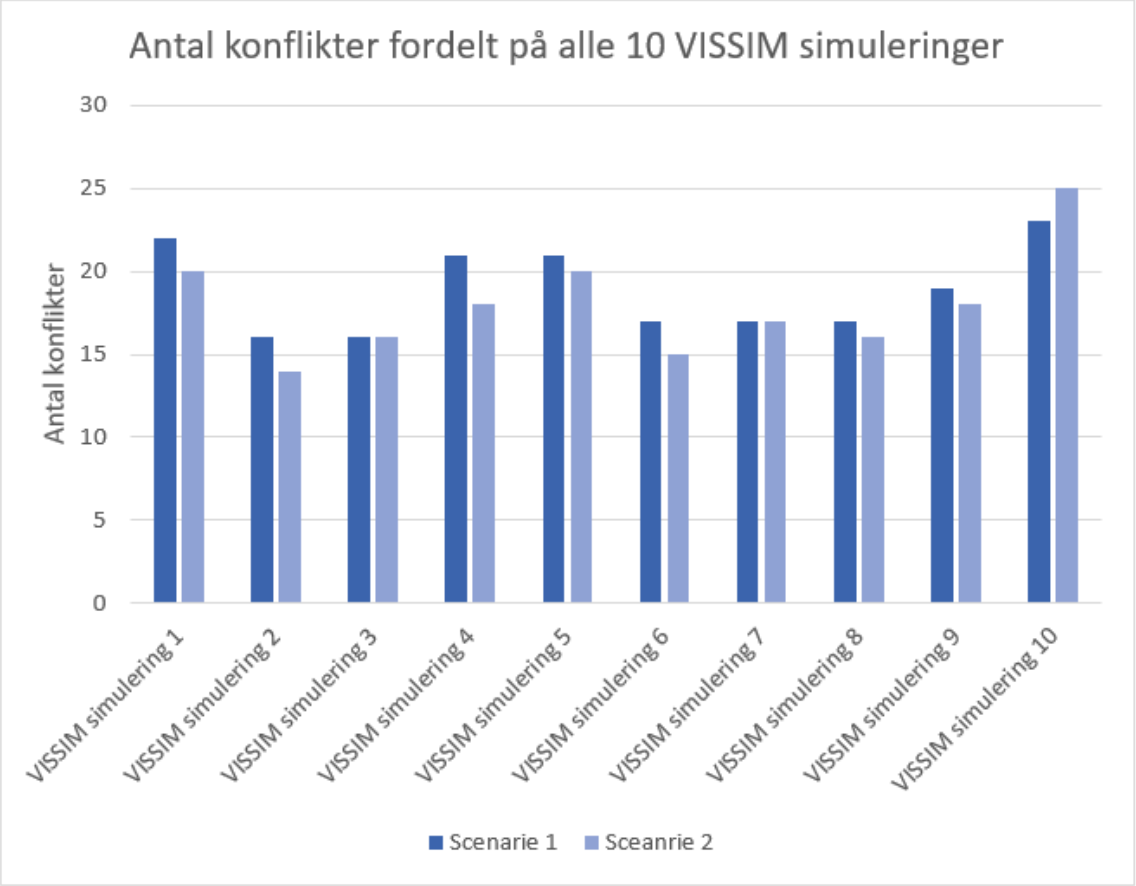
Figur 4.3. Konfliktdiagram af medianen af alle 10 VISSIM simuleringer for Scenarie 2. Baggrundsbillede er fra vejman.dk.

Ud fra figur 4.2 og 4.3 kan det ses, at medianen fra Scenarie 1 og Scenarie 2 er forholdsvis ens. Scenarie 1 omfatter 19 konflikter i alt, og Scenarie 2 omfatter 18 konflikter i alt. Medianen for de to scenarier adskiller sig med én konfliktsituation 650.

Betragtes medianerne for Scenarie 1 og Scenarie 2 er den hyppigst forekommende konflikt

konfliktsituation 650: Venstresving ud foran medkørende ved krydsende veje. Denne situation forekommer henholdsvis 14 og 13 gange ud af de henholdsvis 19 og 18 registrerede konflikter. Derudover forekommer der fire konfliktsituationer af typen 610: Højresving ud foran medkørende ved krydsende veje, og én konfliktsituation af typen 510: Ligeudkørende, krydsende køretøjer med element 2 fra højre. Ud fra resultaterne ses et mønster i form af, at de fleste konflikter sker ved krydsende situationer med svingning, hvor trafikanter svinger ud fra sekundærvejen, Manstrupvej, ud på primærvejen, Bejstrupvej. Der ses ligeledes et mønster i, at der i de fleste konflikter er impliceret en trafikant fra Bejstrupvej Vest i kørselsretningen mod Bejstrupvej Øst.

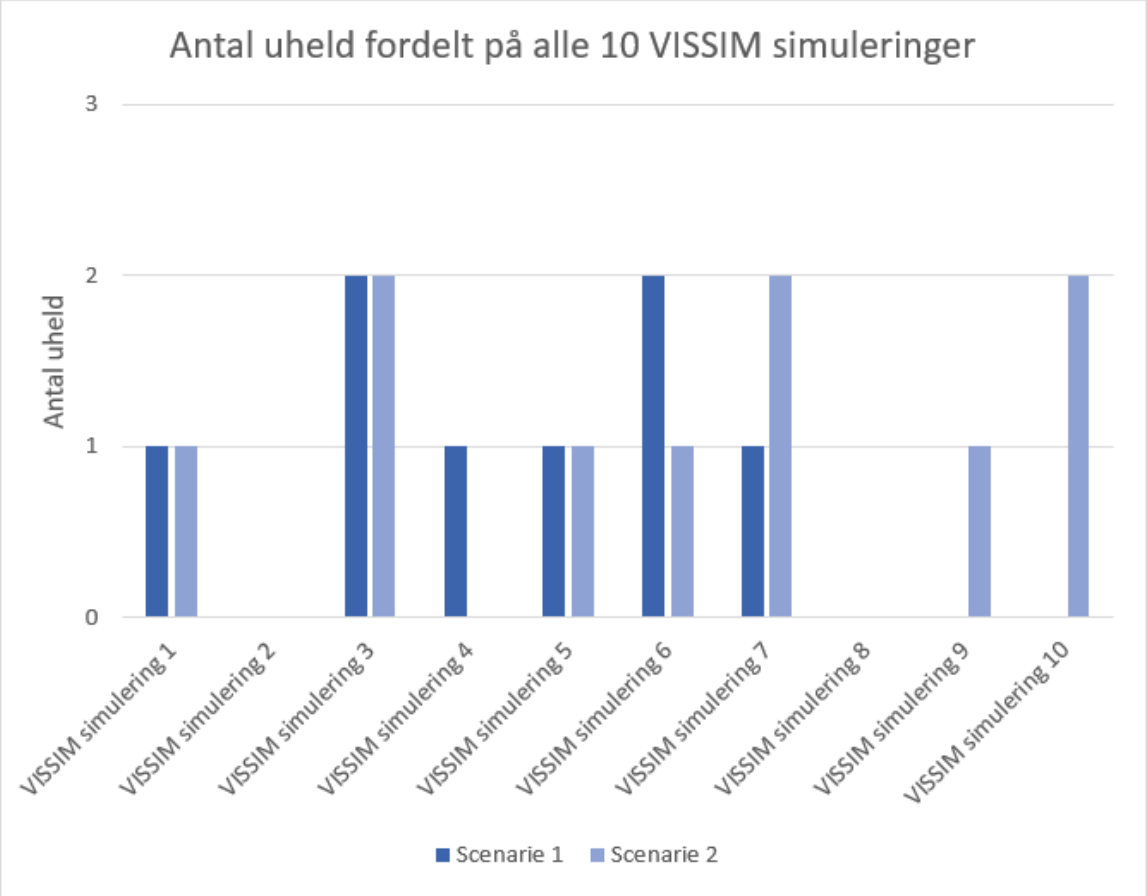
På trods af at medianen er forholdsvis ens for Scenarie 1 og Scenarie 2, fordeler konfliktsituationerne og antallet af konflikter sig forskelligt på de 10 VISSIM simuleringer for de to scenarier. Dette kan ses på figur 4.4.



Figur 4.4. Antal konflikter fordelt på de 10 VISSIM simuleringer for Scenarie 1 og Scenarie 2.

På figur 4.4 kan det ses, at for Scenarie 1 fordeler antallet af konflikter sig således, at for seks simuleringer ligger antallet af konflikter på 20 eller derunder, hvor de resterende fire ligger over 20. Hvorimod for Scenarie 2 fordeler antallet af konflikter sig således, at for ni simuleringer ligger antallet af konflikter på 20 eller derunder, hvor den sidste ligger over 20.

Resultaterne fra SSAM viser desuden forekomsten af uheld. Uheldene fordelt ud på de 10 VISSIM simuleringer for Scenarie 1 og for Scenarie 2 kan ses på figur 4.5. Der forekommer flest uheld for simuleringerne for Scenarie 2.

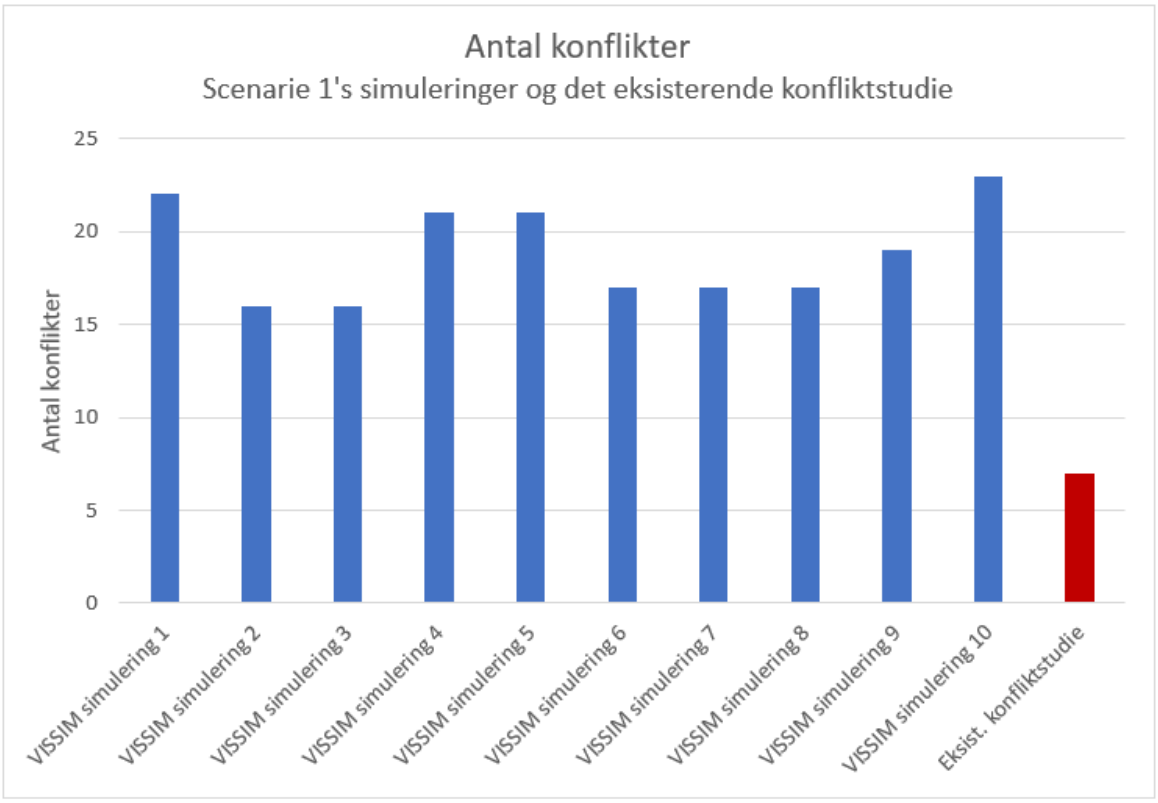


Figur 4.5. Antal uheld fordelt på de 10 VISSIM simuleringer for Scenarie 1 og Scenarie 2.

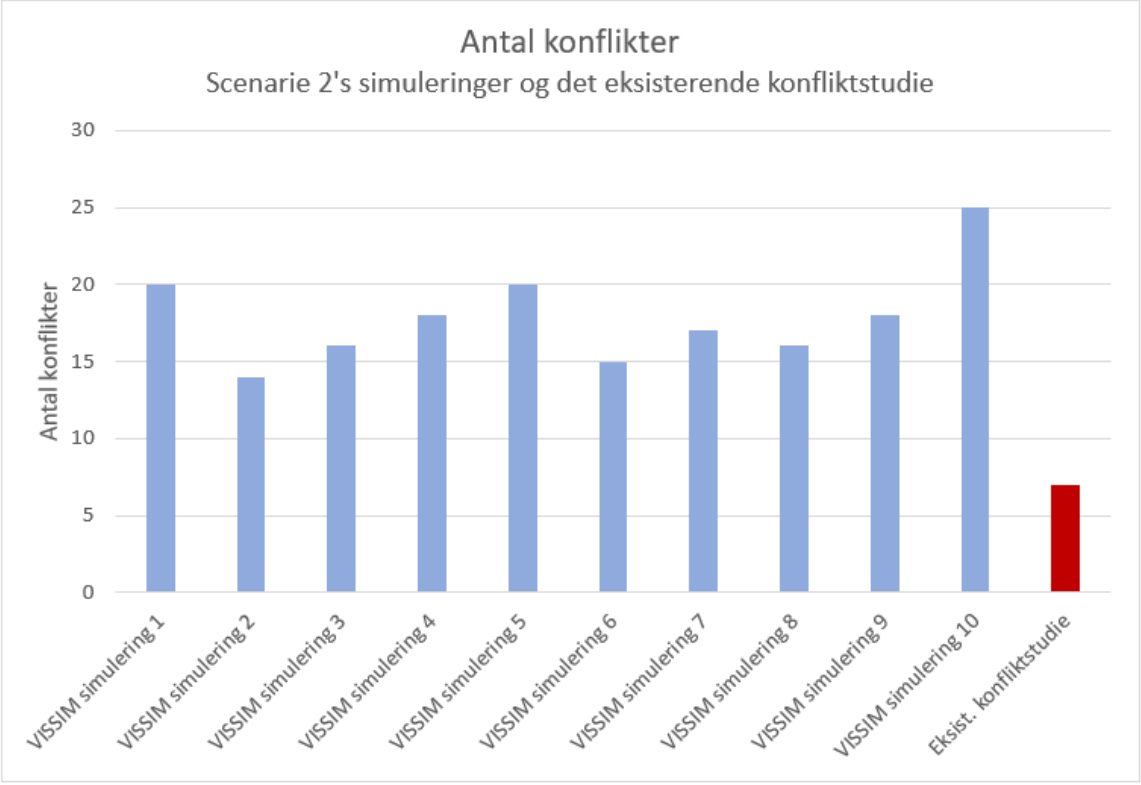
4.3 Sammenligning

Det ønskes at sammenlige antallet af konflikter og uheld, der sker for henholdsvis Scenarie 1 og 2 i forhold til det eksisterende konfliktstudie. På figur 4.6 og 4.7 sammenlignes antal konflikter, og på figur 4.8 og 4.9 sammenlignes antal uheld.

Sammenligning af antal konflikter:



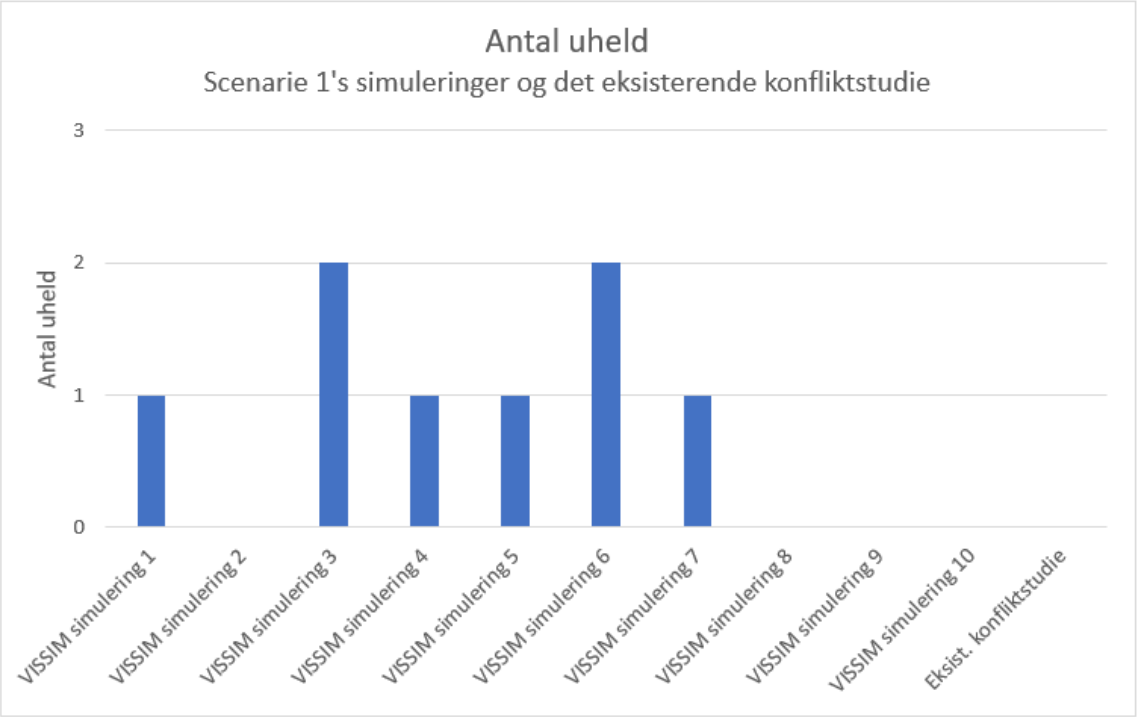
Figur 4.6. Sammenligning af antal konflikter af alle 10 VISSIM simuleringer for Scenarie 1 og det eksisterende konfliktstudie.



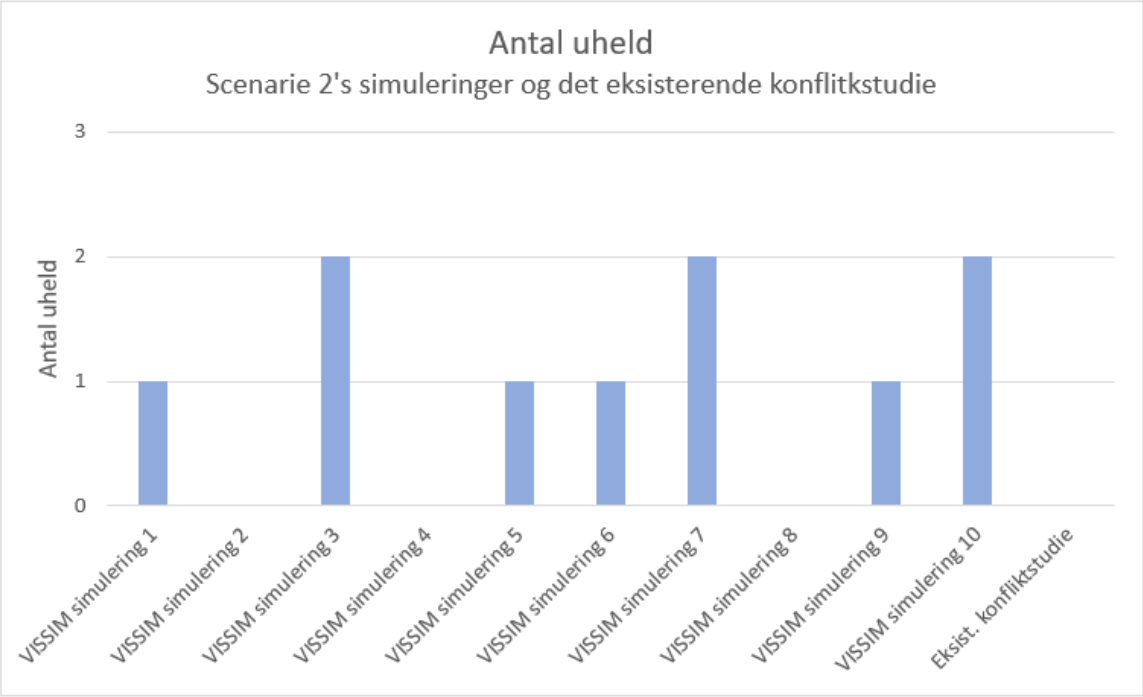
Figur 4.7. Sammenligning af antal konflikter af alle 10 VISSIM simuleringer for Scenarie 2 og det eksisterende konfliktstudie.

På figur 4.6 og 4.7 kan det ses, at der forekommer flest konflikter fra konfliktstudiet på baggrund af VISSIM og SSAM end fra konfliktstudiet på baggrund af T-Analyst.

Sammenligning af antal uheld:



Figur 4.8. Sammenligning af antal uheld af alle 10 VISSIM simuleringer for Scenarie 1 og det eksisterende konfliktstudie.



Figur 4.9. Sammenligning af antal uheld af alle 10 VISSIM simuleringer for Scenarie 2 og det eksisterende konfliktstudie.

Ud fra figur 4.8 og 4.9 ses det, at der er registreret en række uheld i de simulerede konfliktstudier, imens der for det eksisterende konfliktstudie ikke er registreret nogen uheld.

4.3.1 Statistisk test

For at vurdere om resultaterne kan sammenlignes, foretages der er en statistisk test, der kan indikere om, resultaterne er signifikant ens eller forskellige fra hinanden. Derved kan det konkluderes, om der er et sammenligningsgrundlag. Til dette anvendes Fishers eksakte test. Fishers eksakte test er god til mindre populations størrelser, hvilket er gældende for resultatmængden i dette projekt. [McDonald, 2015]. Fishers eksakte test foretages i det statistiske dataanalyseprogram Stata [Stata, 2019]. I projektet testes følgende situationer:

- De 10 VISSIM simuleringer for Scenarie 1
- De 10 VISSIM simuleringer for Scenarie 2
- Medianen for Scenarie 1 og Scenarie 2
- Medianen for Scenarie 1 og Scenarie 2 med resultaterne for det eksisterende konfliktstudie

I Fishers eksakte test anvendes et signifikansniveau på 5 %. Der testes for, at der ikke er nogen signifikant forskel mellem antallet af konflikter for hver konfliktsituation mellem forskellige datasæt ($p \geq 0,05$). Hvis p-værdien er større end 0,05, vil der med 95 % sandsynlighed ikke være nogen signifikant forskel mellem dataene. Resultaterne for Fisher's eksakte test er følgende:

- De 10 VISSIM simuleringer for Scenarie 1: p = 0,981
- De 10 VISSIM simuleringer for Scenarie 2: p = 0,895
- Medianen for Scenarie 1 og Scenarie 2: p = 1,000
- Medianen for Scenarie 1 og Scenarie 2 og resultaterne for det eksisterende konfliktstudie: p = 0,000

Fishers eksakte test viser ingen signifikant forskel mellem konflikterne i de 10 simuleringer for Scenarie 1, og ligeledes vises ingen signifikant forskel mellem konflikterne i de 10 simuleringer for Scenarie 2. Sammenligning af medianen for Scenarie 1 og medianen for Scenarie 2 viser ligeledes ingen signifikant forskel. Sammenligningen af medianerne for Scenarie 1 og 2 i forhold til resultaterne fra det eksisterende konfliktstudie viser derimod en signifikant forskel. Det vil sige, at de simulerede konflikter er statistisk signifikant forskellige fra konflikterne fra det eksisterende konfliktstudie.

Opsætningen af tabellerne for Fishers eksakte test i Stata og resultaterne kan ses på appendiks E.

Statistisk test - nedsættelse af grænseværdier for TTC og PET:

Da sammenligning af konflikterne fra trafiksimulering og konflikterne fra T-Analyst gennem Fishers eksakte test findes signifikant forskellige, undersøges det, om ændring af trafiksikkerhedsindikatorernes grænseværdier i SSAMs vil have en effekt på testresultaterne.

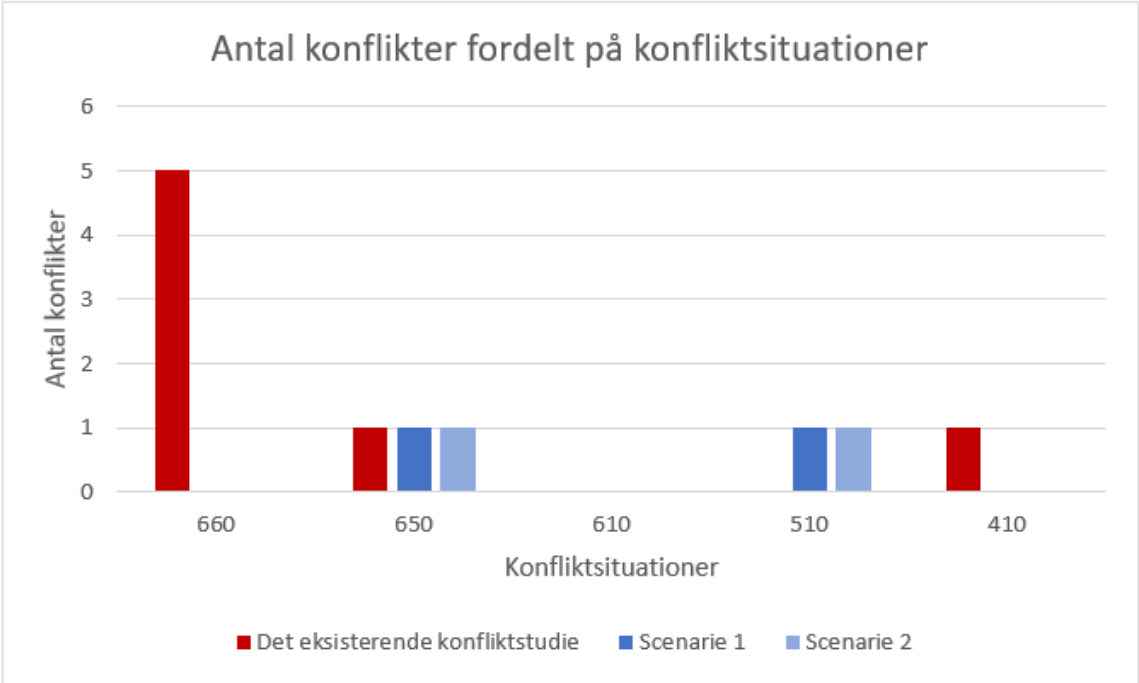
For VISSIM simulering nr. 1 for Scenarie 1 ændres grænseværdierne med 0,1 sek. interval fra 1,5-1,0 sek. Der foretages Fishers eksakte test på resultaterne med grænserværdierne fra 1,5-1,0 sek., hvor hver enkelt sammenlignes med resultaterne fra det eksisterende konfliktstudie. Herudfra ses det, at jo lavere grænseværdier jo højere p-værdi, altså jo bedre sammenhæng. Derudfra bestemmes det, at nedsættes grænseværdierne til TTC $\leq$ 1,0 sek. og PET $\leq$ 1,0 sek. for Scenarie 1 og Scenarie 2 i en videre undersøgelse. Denne undersøgelse for Scenarie 1 og Scenarie 2 kan henholdsvis ses i det elektroniske bilag 12: *Resultater SSAM Scenarie 1 ændring af grænseværdi* og 13: *Resultater SSAM Scenarie 2 ændring af grænseværdi.*

Ved udførelse af Fishers eksakte test, hvor medianen for Scenarie 1 og Scenarie 2 (med ændrede trafiksikkerhedsindikator grænseværdier) sammenlignes med resultaterne fra det eksisterende konfliktstudie, opnås en p-værdi på 0,167. Dermed er der ikke en statistisk signifikant forskel

mellem antallet af konflikter fordelt på konfliktsituationer for de to scenariers median (med ændrede grænseværdier) og resultaterne fra det eksisterende konfliktstudie. Resultaterne kan ses i appendiks E.

Ændring af grænseværdierne til TTC $\leq$ 1,0 sek. og PET $\leq$ 1,0 sek. for de trafiksimulerede konflikter medfører følgende konfliktdiagram, der kan ses på figur 4.10, og som er ens for Scenarie 1 og Scenarie 2. Yderligere kan antallet af konflikter for Scenarie 1, Scenarie 2 og det eksisterende konfliktstudie ses på figur 4.11.

Figur 4.10. Konfliktdiagrammer for Scenarie 1 og Scenarie 2 med grænseværdierne TTC $\leq$ 1,0 sek. og PET $\leq$ 1,0 sek.



Figur 4.11. Antal konflikter for Scenarie 1 og Scenarie 2 med grænseværdierne TTC $\leq$ 1,0 sek. og PET $\leq$ 1,0 sek. sammenlignet med det eksisterende konfliktstudie.

Ud fra figur 4.10 kan det ses at ved ændring af grænseværdierne til TTC $\leq$ 1,0 sek. og PET $\leq$ 1,0 sek. for både Scenarie 1 og 2 forekommer der to konflikter fordelt på konfliktsituation 650 og 510. Det lave antal konflikter gør det svært at anvende dem som et sammenligningsgrundlag for det eksisterende konfliktstudie. Dette vil blive diskuteret i diskussionen.

Hvis grænseværdien for udpegning af konflikter i det eksisterende konfliktstudie ligeledes sættes til TTC $\leq$ 1,0 sek. og PET $\leq$ 1,0 sek., ses det af tabel 4.1, at der ville forekomme én konflikt af typen konfliktsituation 410. Denne konflikt er ikke ens med konfliktsituationerne fra Scenarie 1 og 2.

Diskussion 5

I dette kapitel vil projektet blive diskuteret på baggrund af de anvendte metoder. Kapitlet vil omfatte diskussion af resultaterne, og hvordan metoder i trafiksimuleringen og konfliktstudiet har påvirket disse.

5.1 Resultater

I projektet er der udarbejdet to konfliktstudier. Konfliktstudiet i T-Analyst, som er udarbejdet på baggrund af et eksisterende konfliktstudie, resulterer i syv konflikter på en måned. Konfliktstudiet i SSAM, som er udarbejdet på baggrund af trafiksimuleringer indstillet efter to scenarier, resulterer i en median for Scenarie 1 og Scenarie 2 på henholdsvis i alt 19 og 18 konflikter på en måned. Mønsteret for konflikterne fra det eksisterende konfliktstudie viser, at de hyppigst forekommende konflikter er fra krydsende situationer med sving fra sekundærvejen ud på primærvejen, og at der heriblandt hovedsageligt er impliceret trafikanter fra Manstrupvej og gennekørende trafikanter fra Bejstrupvej Øst. Mønsteret for konflikterne fra de simulerede konflikter viser ligeledes, at de hyppigst forekommende konflikter er fra krydsende situationer med sving fra sekundærvejen ud på primærvejen, dog er der hovedsageligt impliceret trafikanter fra Manstrupvej og gennemkørende trafikanter fra Bejstrupvej Øst.

På trods af at de implicerede trafikanter fra det eksisterende konfliktstudie hovedsageligt er gennemkørende trafikanter fra Bejstrupvej Øst, og trafikanterne fra de simulerede konflikter hovedsageligt er gennemkørende trafikanter fra Bejstrupvej Vest, ses den samme tendens med, at det er krydsende trafikanter med svingning, der medfører konflikter. Mønsteret fra de to konfliktstudier kan indikere, at det er svært for trafikanter fra sekundærvejene at komme ud på primærvejen. Forekomsten af konflikterne i krydset kan forklares med, at størstedelen af trafikken på lokaliteten forekommer på de trafikstrømme, der er involveret i konflikterne, eller der kan være en lokal uheldsfaktor forbundet med lokaliteten. På lokaliteten er der ud fra videomateriale målt hastigheder, der ligger over den anbefalede, samt der er begrænsninger i oversigten, der skyldes lokalitetens topografi.

Ud fra krydstællingerne i projektet ses det, at de markant største trafikstrømme er på Bejstrupvej i gennemkørende vestlig og østlig retning. På grund af den større trafikmængde i disse retninger stemmer det overens, at der forekommer flest konflikter med disse trafikstrømme involveret. Dertil kommer trafikken fra sekundærvejene hovedsageligt fra Manstrupvej, hvilket forklarer, hvorfor trafikanter fra denne kørselsretning er implicerede i de fleste konflikter.

Hastighedsmålingen udført i dette projekt og i det eksisterende konfliktstudie viser en tendens med, at trafikanterne kører for hurtigt på Bejstrupvej i forhold til den skiltede hastighed, hvormed hastigheden på Bejstrupvej kan udgøre en lokal uheldsfaktor på lokaliteten. Dog viser de to hastighedsmålinger modstridende resultater, da hastighedsmålingen fra det eksisterende konfliktstudie viser, at trafikanterne kører hurtigst i den vestlige kørselsretning, og målingen fra dette projekt viser, at trafikanterne kører hurtigst i den østlige retning. Dette kan forklare forskellen på konfliktsituationerne i de to konfliktstudier. Dette kan betyde, at hastighedsmålingen i dette projekt på fire dage ikke viser et repræsentativt billede for hastigheden på lokaliteten, eller at metoden med manuel måling

omfatter fejlkilder. Desuden kan der være fejlkilder forbundet med hastighedsregistreringerne i det eksisterende konfliktstudie foretaget med RUBA, dette vides dog ikke, da den anvendte metode i RUBA ikke er kendt. Det vurderes dermed at være muligt, at hastighedsmålingen i dette projekt har indflydelse på resultaterne i form af typen af konfliktsituationer, og dermed kan udgøre en fejlkilde i VISSIM opsætningen. Fejlkilder ved hastighedsmålingen beskrives nærmere i dette kapitel i afsnittet om trafiksimulering under hastighedsmåling.

I det eksisterende konfliktstudie forekommer der ingen uheld i løbet af undersøgelsesperioden, hvorimod der fra konfliktstudiet ved trafiksimulering forekommer uheld med en på median på ét uheld på en måned og op til to uheld pr. måned både for Scenarie 1 og Scenarie 2. Ved sammenligning i forhold til data fra uheldsrapporten er der registreret ét uheld af uheldssituation 510 over en fem-årig periode. Dermed vurderes antallet af uheld fra simuleringerne at være urealistisk høje. Der vil formentlig være uheld der ikke rapporteres, men det vurderes ikke, at antallet af uheld vil være i nærheden af dem fundet ved trafiksimulering. Det vurderes derfor, at simuleringen i VISSIM skaber situationer, hvor trafikanterne kommer unaturligt tæt på hinanden.

Forskellen i antal uheld, konflikter og konfliktsituationer, fundet ved et traditionelt konfliktstudie, sammenlignet med konflikterne, fundet ved trafiksimulering, er signifikant forskellige. Det kan dermed diskuteres, om der kan være fejlkilder forbundet ved anvendelsen af programmerne VISSIM, SSAM og T-Analyst ved opsætning af programmerne, eller om VISSIM og SSAM ikke kan anvendes i et konfliktstudie.

T-Analyst anvendes til analysering af konflikterne fra det eksisterende konfliktstudie. En fejlkilde ved brug af programmet kan udgøres af den manuelle vurdering af trafikanternes bane. Disse fejlkilder kan have en effekt på resultaterne, hvormed en forkert måling af TTC og PET kan medfører at et forkert antal konflikter bliver registreret. Dette uddybes i dette kapitel i afsnittet om konfliktstudiet 5.3.

SSAM anvendes til registrering og analysering af de simulerede konflikter. Parameterindstillingen for vinkler i forhold til fastsættelse af en specifik konfliktsituation kan have indflydelse på resultaternes konfliktsituationer. Parameterindstillingen for trafiksikkerhedsindikatorernes grænseværdier kan have en indflydelse på antal registrerede konflikter. Dette uddybes i dette kapitel i afsnittet om konfliktstudie 5.3.

VISSIM anvendes til simulering af trafikken på lokaliteten, og i programmet kan kørselsadfærd indstilles. En fejlkilde ved brug af programmet kan være den indsatte data for kørselsadfærden i form af hastigheder, acceleration, deceleration, svinghastigheder, konfliktarealer og gap tider. I indstillingerne kan der være brugt data, der er omfattet af måleusikkerheder. Dette kan have en effekt på resultaterne, hvormed konflikt- og uheldssituationer samt antal konflikter og uheld kan være forkerte. Desuden kan det diskuteres, om VISSIM kan indstilles, således den virkelige kørselsadfærd afspejles. Dette uddybes i dette kapitel i afsnittet om trafiksimulering 5.2.

Ved sammenligning af konflikterne fra de to scenarier ses ingen signifikant forskel. Medianen af konflikterne fra de to scenarier viser endda forholdsvis ens resultater, dog fordeler konflikterne sig forskelligt ud på simuleringerne. Det var forventet, at der var en større forskel på konflikterne opstillet efter de to scenarier, eftersom en række indstillingerne i VISSIM var forskellige. Det kan derfor diskuteres om opsætningen af VISSIM modellerne for de to scenarier omfatter fejlkilder i dataene der indsættes, eller om VISSIM modellen ikke kan afspejle virkeligheden, hvormed en kalibreret VISSIM model ikke vil have en indflydelse på resultaterne.

Sammenligning af konflikterne fra trafiksimulering for Scenarie 1 og 2 med konflikterne fra T-Analyst er statistisk testet ved Fishers eksakte test, hvorudfra resultaterne konkluderes til at være signifikant forskellige. Dette stemmer overens med resultaterne, hvorfra det kan ses, at konfliktsituationerne er

forskellige. Det undersøges yderligere, om ændring af trafiksikkerhedsindikatorernes grænseværdier i SSAM vil have en effekt på testresultaterne. Der registreres markant flere konflikter i SSAM end ved brug af T-Analyst, derfor sænkes grænseværdien i SSAM til 1,0 sek. for både TTC og PET for Scenarie 1 og 2. Ud fra Fishers eksakte test viste det at konflikterne fra det eksisterende og det simulerede konfliktstudie var signifikant ens med en p-værdi på 0,167. Ud fra en grænseværdi på 1,0 sek. for det simulerede studie vil der dog kun være én fælles konflikt mellem studierne, og hvis grænseværdien ligeledes sænkes for det eksisterende konfliktstudie, vil der ikke være nogen fælles konflikter. Herudfra vurderes det, at datamængden til Fishers eksakte test bliver så lille, at testen ikke giver korrekte resultater. Dermed vurderes det, at der stadig er en forskel mellem det simulerede konfliktstudie og det eksisterende konfliktstudie. Dette indikerer, at der er en større sandsynlighed for, at usikkerheden i resultaterne ligger ved VISSIM og ikke SSAM.

Projektets metode diskuteres gennem dette kapitel, hvor eventuelle fejlkilder og indvirkning heraf på resultaterne, vil blive beskrevet i følgende afsnit om trafiksimulering og konfliktstudie.

5.2 Trafiksimulering

Krydstælling
I projektet blev VISSIM anvendt til trafiksimulering. Som baggrund for trafiksimuleringen blev der udført en krydstælling ud fra videomaterialet fra det eksisterende konfliktstudie. I projektet er der talt trafik i en uge (kun hverdagene), hvorefter denne uge er simuleret fire gange (20 dage) for at få trafikken for en måned. I VISSIM er trafikken indsat stokastisk, hvormed der er en variation mellem simuleringen for hver uge. Ved at simulere den samme uge fire gange vil der være en usikkerhed, da det ikke vides i hvilken grad, at trafikmængden varierer imellem ugerne. Ugen, hvor krydstællingen blev foretaget, kan have haft højere eller lavere trafikmængder end normalt. Dog er den valgte uge, hvor krydstællingen blev udført, repræsenterbar i forhold til omregning til ÅDT. Det vurderes dermed, at tællingen for en uge simuleret fire gange kan anvendes som en substitution for krydstælling af fire uger. Der kunne som alternativ have været anvendt programmer, der automatisk tæller trafikken, bl.a. RUBA udviklet af Aalborg Universitet. Usikkerheden ved om disse programmer laver fejlregistreringer, og tiden der skal bruges på at kalibrere programmet og kvalitetssikre tællingen, blev dog vurderet, at ville tage længere tid end en manuel tælling. Beslutningen om udførelse af den manuelle krydstælling blev taget på baggrund af den lave trafikmængde, der muliggjorde registrering af flere retninger og køretøjstyper samtidig.

Hastighedsmåling
Videomaterialet blev yderligere benyttet til at foretage hastighedsmålinger for personbiler og traktorer. Der er en del usikkerheder forbundet med målingerne af hastighed, hvilket kan have en effekt på antallet af konflikter, da trafikanter, der svinger ud fra sekundærvejene, forventer, at trafikanterne på primærvejen kører efter hastighedsgrænsen på 80 km/t. Usikkerhederne skyldes blandt andet kameraets placering og vinklen. Jo længere væk trafikanterne er fra kameraet, jo mere usikker bliver målingen. Dertil kan vinklen på kameraet besværliggøre målingen, da det er svært at vurdere placeringen af trafikanterne i forhold til specifikke målepunkter. Desuden kan kameraets opløsning øge usikkerheden i målingerne. Målingerne bærer præg af observatørens subjektive vurdering af trafikanternes placering, desuden vil kameraplaceringen, -vinklen og -opløsningen have indvirkning på størrelsen af usikkerheden af vurderingen. Disse faktorer kan give usikkerhed i data og resultater. Dette kan have indvirkning på antallet af konflikter og konfliktsituationerne. En løsning på usikkerheden ved hastighedsmålingerne kunne være at anvende droneoptagelser, så der måles fra et fugleperspektiv. Dermed kan trafikanternes placering bedre fastsættes.

Der er udført en statistisk t-test på hastighedsmålingerne for personbiler (herunder personbiler med trailer, varevogne og motorcykler). Denne viser, at der er en statistisk signifikant forskel mellem hastighederne for personbilerne, der kommer fra Bejstrupvej Vest i forhold til Bejstrupvej Øst, hvor personbiler fra vest kører hurtigere. Der blev udført 250 målinger i hver kørselsretning, hvilket vurderes at være en acceptabel stikprøvestørrelse til at registrere hastigheden på lokaliteten. Det blev undersøgt, hvilken effekt det har på hastigheden, at registrering ved målepunkterne sker lidt før eller efter i forhold til de anvendte målinger i hastighedsmålingen. Det viste, at mindre udsving i, hvor der blev målt, ikke havde en betydende effekt på hastigheden. Dermed vurderes det, at usikkerheder ved registrering af trafikanter for tidligt eller sent ikke er årsagen til den signifikante forskel i resultatet af hastighedsmålingerne. Forskellen i hastighed kan skyldes flere ting. Den første mulighed er, at kameraet vender mod øst, hvormed trafikanterne herfra vil reagere på at blive optaget ved at sænke hastigheden. Den effekt bliver underbygget af, at hastighederne, der blev målt for trafikanterne fra øst, var højere, da der var tåget om morgenen. Det vurderes, at tågen burde have en hastighedsnedsættende effekt, men da trafikanterne kører hurtigere, kan dette skyldes, at de ikke ser kameraet. Dette er dog kun baseret på otte målinger, hvormed det er svært at vurdere, om det er tilfældigt. En anden årsag, der kan have haft effekt på hastighedsmålingerne, kan være landskabets topografi, da landskabet stiger fra øst mod vest, hvormed trafikanterne fra øst kører opad og dermed langsommere. Det vurderes, at topografien er den mest bedste forklaring på forskellen mellem hastighederne.

Det er efterfølgende valgt at undersøge hastighedsfordelingerne for hver retning, for om de er normalfordelte, hvilket forventes for hastigheder. Testene kan ses i det elektroniske bilag 4: *Hastighedsmåling personbil*. Testen viste ud fra en Shapiro Wilks test, at de målte hastigheder på Bejstrupvej ikke var normalfordelte. Der blev yderligere lavet qq-plot og en histogramfordeling. Det ses, at enkelte målinger ligger meget højere eller lavere, end hvad der kunne forventes af en normalfordeling. Ud fra testene kan det diskuteres, om målingen over fire dage er repræsentativ for hastigheden på lokaliteten, og om der skulle være foretaget flere målinger over flere dage.

Hastighedsmålingen for traktorer er foretaget ud fra en tælling på 20 traktorer på Bejstrupvej (9 mod vest og 11 mod øst). Ud fra det lave antal registreringer af traktorer i forhold til den øvrige trafikanttyper, vurderes det, at denne måling var stor nok, da hastighedsfordelingen for traktorer ikke vurderes at have en signifikant indvirkning på modellen og dermed antallet af konflikter. Målingerne blev udarbejdet for at få et billede af traktorernes hastighed på lokaliteten, samt da der ikke foreligger en hastighedsfordling på traktorer i vejreglerne.

For lastbiler og busser blev det valgt kun at anvende hastighedsfordelinger fra høringsudgaven for vejreglen *Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller*. Dette blev valgt, da denne hastighedsfordeling blev vurderet at være acceptabel for trafiksimuleringen, og at en hastighedsmåling på lokaliteten ikke vil have en større indvirkning på modellen. En kalibrering i forhold til lastbilers og bussers hastighed på lokaliteten kan dog have haft en effekt på antallet af registrerede konflikter, men ud fra det traditionelle konfliktstudie var alle konflikter personbil-personbil konflikter. Grundet trafikanttyperne, der er impliceret i konflikterne, blev en hastighedsmåling fravalgt, da det blev vurderet, at en kalibrering af lastbiler og bussers hastigheder ikke vil have nogen videre effekt på antallet af konflikter.

Acceleration og deceleration

I projektet blev der benyttet accelerations- og decelerationskurver fra høringsudgaven for vejreglen *Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller* [Larsen m.fl., 2019]. Ud fra videomaterialet er det ikke muligt at måle acceleration og deceleration, da disse skal måles kontinuert ved selve accelerations- eller decelerationstidspunktet. Måling af accelerationer og decelerationer ud fra videomaterialet vil være forbundet med store usikkerheder, da accelerationen eller decelerationen skal ske tæt på kameraet, for at målingen bliver præcis. Dermed vurderes dataene fra vejreglen, at være de bedste data der

findes. Vejreglens data er baseret på målinger fra mange lokaliteter, hvilket ikke nødvendigvis passer på prioriterede kryds i åbent land. Disse parametre kan have en stor effekt på antallet af konflikter, hvis trafikanterne ikke kan decelerere eller accelerere hurtigt nok, hvormed konflikter eller kollisioner ikke kan afværges i en tilpas afstand. Ved krydsende konflikter vil dette have en indflydelse, hvis trafikanten på primærvejen ikke kan decelerere hurtigt nok, hvis en trafikant kører ud foran fra sekundærvejen. Det vides ikke om accelerationen er højere eller lavere på lokaliteten. Derfor er det svært at vurdere, om de fastsatte accelerations- og decelerationskurver medvirker til en øgning eller reduktion i antallet af konflikter.

En metode til indsamling af accelerations og decelerationsdata kunne være at køre bag trafikanter på lokaliteten og accelerere og decelerere, når de gør det. Ud fra dette kunne accelerations- og decelerationskurverne måles. Ved at anvende denne metode og indsamle data for acceleration og deceleration på lokaliteten, opnås en VISSIM model, der er tættere på virkeligheden på lokaliteten.

Kørselsadfærd
Kørselsadfærden i VISSIM består blandt andet af en forfølgelsesmodel, der indstiller trafikanters adfærd, når de kører bag andre køretøjer eller nærmer sig et langsomtkørende køretøj. I projektet er der anvendt Wiedemann 99, da projektet foregår i åbent land. Forfølgelsesmodellen består af 10 parametre. I projektet er der til Scenarie 1 anvendt parameteropsætning fra *Anvendelse af mikrosimleringsmodeller*. Til Scenarie 2 blev de første to parametre undersøgt på baggrund af videomaterialet, CC0 (Standstill distance) og CC1 (Headway time).

For CC0 blev der foretaget 15 målinger for afstanden mellem to stillestående køretøjer. Dette er en lille måling, men da trafikken er begrænset på lokaliteten, holder der sjældent to køretøjer og venter på, at der bliver plads til at svinge ud på primærvejen. Målingen viste dog at stemme næsten overens med vejreglen. Dette kan indikere, at den stillestående afstand er ens på denne lokalitet, og muligvis derfor ikke behøves at blive undersøgt på andre lokaliteter, ved mindre at der er evidens for, at adfærden er markant anderledes. Dette stemmer overens med Essa og Sayed [2015] studie, der ligeledes fandt at CC0 var direkte overførbar fra en lokalitet til en anden [Essa og Sayed, 2015a].

For CC1 blev der foretaget 50 målinger, hvilket blev vurderet som værende en acceptabel stikprøvestørrelse til at få en indikation af sammenhængen mellem hastighed og afstand. Ud fra målingen ses imidlertid ingen sammenhæng. Dette kan blandt andet skyldes kameraets fysiske tilstedeværelse, der kan have haft indflydelse på kørselsadfærden. Desuden kan der ligge store fejlkilder i udførelsen af målingerne. Fejlkilderne kan være måleusikkerheder grundet kameraets placering, hvilket medfører, at der kun blev målt på trafikanter tættest på kameraet og ikke deres kontinuerlige adfærd, da målinger længere væk fra kameraet ville blive for usikre. Det vurderes, at flere målinger ikke vil give bedre resultater. Dog vil en anden metode til udførelse af målingerne være mere præcis. Det vil have været mere hensigtsmæssigt at måle CC1, ved at observatøren kører foran den observerede trafikant. CC1 kan derved findes ved kontinuert at måle afstanden til den bagvedkørende trafkant samt måling af hastighedsforskellen mellem køretøjerne. Målingen blev begrænset af kameraets placering, da

De øvrige parametre i Wiedemann 99 forfølgelsesmodellen er ikke mulige at undersøge ud fra videomaterialet, da de kræver, at trafikanternes adfærd undersøges kontinuerligt over en længere strækning, hvilket kameraets placering og vinkel ikke muliggøre. Disse parametre kan have en indvirkning på bagendekollisioner, da parametrene styrer, hvor tæt trafikanterne kommer på hinanden, hvordan afstanden varierer, og hvordan acceleration og deceleration varierer.

Svinghastigheder
Svinghastighederne i VISSIM modellen blev målt ud fra videomaterialet og blev indsat i VISSIM med indstillingen *Reduced speed areas*. Der er en del usikkerheder forbundet med disse målinger, da

kameraet er placeret et stykke væk fra krydset. Dette giver usikkerheder i forhold til, hvor præcist der måles. Hastighedsmålingerne i svingene udføres ved at opsætte to målepunkter, hvor afstanden og tiden registreres, hvormed svinghastighederne kan findes. Alle trafikanter vil dog ikke starte og slutte deres svingninger det samme sted, hvormed disse målinger bliver usikre. Grundet usikkerheden blev der derfor kun udført fem målinger for hver af de fire svingretninger. Målingernes formål er derfor kun at give en indikation af hastighederne. De fire svingretninger er medtaget for at opnå målinger af henholdsvis et stort og lille venstre- og højresving. Der blev ligeledes kun målt på svingning til og fra Manstrupvej, da de fleste trafikanter fra sekundærvejene kommer herfra. Svinghastighederne for Manstrup Strandvej kan være andeledes, men grundet den lave trafikmængde til og fra vejen, vurderes det, at målingerne fra Manstrupvej kan anvendes. I målingen er der kun målt hastigheder for personbiler, mens hastigheden for lastbiler, busser og traktorer er sat til 15 km/t (køremåde A) [Vejdirektoratet, 2018]. Indstilling af svinghastigheder for disse køretøjestyper efter vejreglerne er valgt, da det vurderes, at udførelse af manuelle hastighedsmålinger på baggrund af videomaterialet vil være påvirket af for store måleusikkerheder. Svinghastigheden kan have en indvirkning på antallet af konflikter og konfliktsituationerne, hvis de kører ud foran andre trafikanter med for lav hastighed. Dette kan være medvirkende til det høje antal konflikter af konfliktsituation 650.

Konfliktarealer

I projektet er der anvendt *Conflict areas* til at styre vigepligten. Til Scenarie 1 blev værdier fra høringsudgaven for vejreglen *Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller* anvendt. Til Scenarie 2 er der målt værdier for Front gap og Rear gap fra lokaliteten. Værdierne fra vejreglen ligger generelt lavere end de målte værdier. I vejreglen anvendes der dog en sikkerhedsfaktor (Safety distance factor) på 1,5. Derved bliver Front gap og Rear gap værdiene næsten ens for vejreglen og de målte værdier på baggrund af videomaterialet. Der kan derfor argumenteres for, at anvendelsen af værdier fra vejreglen kan anvendes for begge scenarier. Til Scenarie 2 er der i alt udført 66 målinger for Front gap og Rear gap. Ud fra målingerne blev den lavest registrerede værdi valgt, og der blev ikke anvendt en sikkerhedsfaktor. Ud fra resultaterne ses det, at der er registreret mange krydsende konflikter i forhold til det eksisterende konfliktstudie. Dette kan skyldes indstillingen af disse parametre, der enten burde være indstillet til en højere værdi eller ganget med en sikkerhedsfaktor. Det anbefales, at indvirkningen af Front gap og Rear gap undersøges nærmere, da de kan have en signifikant indvirkning på antallet af konflikter. En anden usikkerhed ligger i udførelsen af målingerne af værdierne for Front gap og Rear gap. Målingerne foretages i krydsområdet, som er et stykke fra kameraets fysiske placering. Afstanden og vinklen, i forhold til hvad der måles, medfører dermed usikkerheder i målingerne. Dermed er det usikkert om trafikanterne registreres korrekt, hvormed værdierne kan være højere eller lavere. Dette kunne enten løses ved at anvende droneoptagelser, da kameravinklen vil være lige over krydset. Der kunne også placeres et ekstra kamera syd-øst for krydset, således der kan måles fra flere vinkler. Dette muliggører, at måleresultaterne fra hver kameravinkel kan sammenlignes for at validere resultatet.

Simuleringsperiode

I projektet blev der simuleret for 20 dage i perioden fra 06:00 til 18:00, svarende til 216.000 sekunder. Den lange simulering gør, at resultaterne kan sammenlignes med det eksisterende konfliktstudie. Længden medfører dog også visse problemer. Simuleringstiderne bliver meget lange, da simuleringen skal gentages flere gange. Dermed kan det være svært at lave mindre tilpasninger, hvis der findes fejl i modellen. Det anbefales derfor at simulere for en kortere periode, mens trafikantadfærden tilpasses. Dette kunne være en morgen- og eftermiddagsspidstime samt en time midt på dagen. Simuleringens længde gør desuden, at modellen ikke kan ses igennem, da det vil tage for lang tid. Det vil derfor ikke altid være muligt at fjerne alle fejl, der opstår i modellen, da visse fejl kan ske langt inde i simuleringen. Den lave trafikmængde gjorde også, at hændelser, hvor trafikanter kommer tæt på hinanden, sker mere sjældent. Dette kan løses ved at indsætte mere trafik, end der reelt er på lokaliteten, dog med fare for at adfærden bliver forkert.

Usikkerheder ved VISSIM

I simuleringen blev der observeret situationer, hvor trafikanterne fra sekundærvejene kørte ud for tidligt i forhold til de opsatte værdier for gap times. Dette kan medvirke til nogle af de fundne konflikter, muligvis ikke ville have været opstået, hvis VISSIM simulerede trafikken korrekt. Det ses i resultaterne, at der er en forskel mellem projektet og det eksisterende studies konflikter, hvilket dette problem kan have medvirket til.

I VISSIM er det desuden ikke muligt at tage højde for visse uheldsfaktorer. Dette kan være faktorer knyttet til trafikanten, såsom kørselserfaring, uopmærksomhed og alder. Det kan ligeledes være faktorer knyttet til vejens beskaffenhed, såsom om vejen er glat grundet regn eller is. En sidste faktor kan være tillagt køretøjet, som styresystemerne ABS eller ESP i biler. Disse faktorer vil have indflydelse på forekomsten af uheld og konflikter. På nuværende tidspunkt kan disse faktorer ikke indstilles i VISSIM, og det kan derfor diskuteres, om VISSIM kan afspejle virkeligheden. Det anbefales derfor, at indstillinger i VISSIM skal videreudvikles, for at VISSIM kan afspejle virkeligheden.

5.3 Konfliktstudie

Trafiksikkerhedsindikatorer

Til identificering af konflikter anvendes trafiksikkerhedsindikatorerne TTC og PET, da disse indikatorer benyttes i T-Analyst og i SSAM, hvormed konflikterne kan sammenlignes ud fra samme grundlag. TTC og PET har imidlertid en række fordele og ulemper.

I følge Laureshyn [2010] kan TTC-værdier kun måles, hvis der eksisterer en kollisionskurs mellem trafikanter. Uden kollisionskurs vil der ikke blive målt TTC-værdier, selvom trafikanterne kommer meget tæt på hinanden. Disse situationer, som måske med andre indikatorer vil blive klassificeret som værende en konflikt, vil derfor ikke blive registreret gennem måling med indikatoren TTC. Ifølge Mahmud m.fl. [2018] måles TTC-værdier på køretøjer, der holder en konstant hastighed, og indikatoren vil dermed ikke registrere mange potentielle konflikter, hvor der foretages acceleration eller deceleration. [S. M. Sohel Mahmud og Tavassoli, 2018] I følge Laureshyn [2010] og Mahmud m.fl. [2018] kan PET indikatoren kun anvendes på konflikter med en form for krydsende trafik, og dermed ikke ved bagendekollisioner eller mødeuheld. Archer [2005] diskuterer i et studie, om PET som indikator kan beskrive trafiksikkerhed, da der ikke findes en kollisionskurs eller foretages undvigende manøvre. Laureshyn [2010] vurderer dog, at TTC og PET er gode indikatorer ved anvendelse sammen, da de tager højde for forskellige faktorer, da TTC måles ved kollisionskurs og PET måles ved krydsende trafikanter over et konfliktareal. [Laureshyn, 2010]. I projektet medtages både TTC og PET som trafiksikkerhedsindikatorer for registrering af konflikter, da de har hver deres styrker og svagheder. Flere studier konkluderer, at indikatorerne TTC og PET har kunnet identificere konflikter her i blandt van der Horst [1990], Galiendo og Guida [2012] og Laureshyn [2016].

I projektet er det forsøgt at bestemme TTC's og PET's grænseværdier gennem et litteraturstudie af indikatorernes anvendelse i traditionelle og simulerede konfliktstudier. Det meste litteratur er konfliktstudier, hvor signalregulerede kryds i byområder er undersøgt. Der er ikke fundet litteratur for konfliktstudier for prioriterede kryds på åbent land, dog er der fundet studier omhandlende konfliktstudier foretaget ved trafiksimulering ved brug af VISSIM og SSAM (Archer [2005], Huang m.fl. [2012], Caliendo og Guida [2012], Fan m.fl. [2013], Essa og Sayed [2015]). Som det fremgår af tabel 2.2 og 2.3 i litteraturstudiet, der opsummerer grænseværdierne, ses ingen tendenser i grænseværdiernes mål i forhold til lokalitet. For signalregulerede kryds er TTCmin $\leq$ 1,0 - 3,0 sek. og PET $\leq$ 1,0 - 3,0 sek. For prioriterede kryds er TTCmin $\leq$ 1,5 sek. og PET $\leq$ 1,0 - 5,0 sek. For byområder er TTC $\leq$ 1,0 - 3,0 sek. og PET = 1,0 - 5,0 sek. For landområder er TTCmin $\leq$ 1,5 sek. og PET $\leq$

1,0 sek. For prioriterede kryds i landområder blev der ikke fundet nogen studier og dermed ingen grænseværdier. For studier med VISSIM og SSAM er TTCmin $\leq$ 1,6 - 3,0 sek. og PET = 1,5 sek. Med manglende litteratur, der omfatter konfliktstudier ved trafiksimulering på lokalitetstypen prioriterede kryds i åbent land, som vejledning til fastsættelse af grænseværdierne for TTC og PET i dette projekt, er det svært at vurdere, om grænseværdierne er valgt til de korrekte værdier. En usikkerhed ved anvendelse af indikatorerne er, at lave grænseværdier kan beskrive trafiksikkerheden i form af konflikter, men lave grænseværdier kan ligeledes være et udtryk for effektiv trafikafvikling [Laureshyn, 2010]. Det vurderes, at trafikanter i byområder vil køre tættere på hinanden i normal trafikafvikling, hvorimod i landområder vil trafikanterne ikke køre tæt på hinanden i normal trafikafvikling. Dette stemmer overens med litteraturstudiet. Dog vil fastsættelse af grænseværdien have mindre betydning i dette projekt, da sammenligningsgrundlaget for de to konfliktstudier i henholdsvis SSAM og T-Analyst er ens.

Som flere studier indikerer, og som det er erfaret i dette projekt, mangler der standardisering for grænseværdierne TTC og PET. Der burde fastsættes grænseværdier opdelt på konfliktsituation, krydstype, trafikanttype og by- eller landområde.

SSAM

I projektet anvendes SSAM til at identificere konflikter ud fra trafiksimulering. Ved validering af disse resultater opholdt mod et eksisterende konfliktstudie ses ingen sammenhæng. Da SSAM ikke registrerer et tidsstempel for, hvornår konflikten er forekommet i simuleringen, er det ikke muligt efterfølgende at gennemse konflikten. Dette er problematisk, da det dermed ikke kan valideres, om det reelt er en konflikt.

I programopsætningen kan der indstilles på vinklerne i forhold til, hvilken konfliktsituation der registreres. I projektet er der anvendt SSAMs standardindstillinger. Ud fra resultaterne ses det, at mange konflikter registreres som bagendekonflikter (140), dog er det blevet registreret, at trafikanterne kommer fra krydsende vejgrene, hvorved konflikten burde være blevet registreret, som værende af hovedsituation 6 (trafikanter fra krydsende veje med svingning). Konflikter af typen hovedsituation 5 (konflikter med krydsende køretøjer uden svingning) og 6 (konflikter med krydsende køretøjer med svingning) er ligeledes registreret forkert på grund af indstillingerne af vinklen. Fejlene kan identificeres, da vejgrene for trafikant 1 og 2 er registreret som resultat i SSAM. Konfliktsituationen er ændret i databehandlingen, så de korrekte situationer er registreret. Dette ville ligeledes kunne ændres ved at indstille vinklerne i SSAM, ved eksempelvis at indstille vinklen lavere ved registrering af bagendekonflikter, hvormed konfliktsituationerne vil blive registreret korrekt. Dog kan vinklen for mødeuheld ikke indstilles i SSAM, hvormed SSAM vil registrere mødekonflikter mellem ligeudkørende trafikanter, som værende krydsende konflikter. SSAM har dermed nogle begrænsninger. Det kræver derfor, at dataene kigges igennem manuelt for at identificere fejlregistreringerne ud fra registrering af hvilken vejgren trafikanterne kommer fra.

T-Analyst

Der er foretaget et konfliktstudie i T-Analyst på baggrund af det eksisterende konfliktstudie. Måling af konflikter i T-Analyst er forbundet med en del usikkerheder. Konflikterne er registreret på baggrund af videomaterialet og grundet kameraets fysiske placering og vinkel, er der usikkerheder forbundet med målingerne. Når der måles langt fra kameraets placering, vil et kamera med en lav opløsning gøre målingerne usikre, da hver pixel dækker et større areal. Da mange af konflikterne foregår i krydset, der ligger et stykke fra kameraets placering, vil værdierne for indikatorerne TTC og TAdv (PET) muligvis være påvirket af usikkerheder. I kalibreringsfilen til T-Analyst ses det, at målingerne vil have en usikkerhed på 0,2-0,5 m i krydsområdet, og usikkerheden bliver kun større jo længere væk, der måles fra krydset. Dette giver en risiko for, at der medtages hændelser, der reelt ikke er konflikter, eller

der udelades konflikter, der skulle have været med. Målingerne foregår ved, at observatøren manuelt registrerer trafikantens bane, hvilket gør, at placeringen af køretøjet bliver fastsat ud fra observatørens vurdering. Målingen kan derfor være anderledes, hvis registreringen blev udført af en anden observatør.

Videomaterialet har stor indvirkning på resultaterne i T-Analyst. Resultaterne kan gøres mere præcise ved at filme med bedre opløsning. Der kunne desuden benyttes flere kamera til at kalibrere modellen, ved at lokaliteten blev filmet fra flere vinkler. Dette vil forbedre målingerne, der er langt væk fra hvert kamera. En anden løsning er anvendelsen af droneoptagelser, hvormed kameravinklen var fra et fugleperspektiv. Dette vil fjerne fejlkilder forårsaget af vinklen.

5.4 Ændring af metoder

Hoveddelen af den data, der er anvendt i projektet, kommer enten fra vejreglen *Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller* eller fra videomaterialet fra det eksisterende konfliktstudie. Som det fremgår flere steder i diskussionen, har der været en del usikkerheder forbundet med disse metoder. Med baggrund i denne viden om usikkerhederne er der lavet en vurdering af hvilke metoder, der kunne være anvendt i stedet til dataindsamling for adfærdsparametre fra lokaliteten i VISSIM.

Til at lave præcise målinger til dataindsamlingen for blandt andet hastigheder, konfliktarealer og kørselsadfærd kan droneoptagelser bruges. Droner giver en god vinkel i forhold til at lave målingerne, da der måles fra et fugleperspektiv. Det er dog nødvendigt, at opløsningen på kameraet er høj, da droner ofte filmer fra en stor højde. Droner har dog den udfordring, at der ikke kan optages i længere perioder af gangen grundet dronens batteritid. Da trafikintensiteten på projektlokaliteten er lav, vil denne metode formentlig ikke give et stort nok datagrundlag, ved mindre der foretages flere optagelser over flere dage.

En anden metode til dataindsamling er anvendelse af to kameraer, der placeres modsat hinanden i forhold til krydset. Ved at anvende to kameraer kan hver måling udføres fra to vinkler og derefter sammenlignes for at validere måleresultatet. Dertil kan kameraer, der står på jorden, have batteri nok til at filme i længere perioder, således datagrundlaget bliver større og mere kontinuerligt end ved droneoptagelser. Hvis konfliktstudiet ligeledes anvendte to kameraer, vil analysen i T-Analyst også se store forbedring i målesikkerheden, da der anvendes flere vinkler til kalibrering af T-Analyst. Denne metode har den ulempe, at dataanalysen vil være dobbelt så stor, og der skal anvendes dobbeltmateriel. Det vurderes, at denne metode til indsamling af data vil være den bedste til dette projekt grundet konfliktstudiets længde på en måned.

Det vurderes, at en anden metode til måling af acceleration og deceleration samt adfærdsparametre i forfølgelsesmodellen på lokaliteten kan have en signifikant indvirkning på kørselsadfærden. Metoden til måling af accelerationen og decelerationen kan f.eks. være ved at følge andre trafikanter, for at efterligne trafikanternes acceleration og deceleration på projektlokaliteten. Adfærdsparametrene kan undersøges ved at køre foran en trafikant, og måle hvordan de følger observatørens køretøj.

5.5 Anvendelse af trafiksimulering til konfliktstudie

Ud fra diskussionen af data og resultaterne ses det, at der er en del usikkerheder forbundet med anvendelsen af VISSIM til konfliktstudie i SSAM.

Ved sammenligning af resultaterne fra Sceanrie 1 og Sceanrie 2 med det eksisterende konfliktstudie ses det, at konflikterne er signifikant forskellige. Det er undersøgt, om ændring af grænseværdierne i SSAM kan have en indflydelse på resultaterne. Herved fås stadig en signifikant forskel. Desuden forekommer der stadig uheld i Scenarie 1 og Scenarie 2, som ikke er realistiske i forhold til det eksisterenede

konflikstudie og til eksisterende uheldsdata. Det kan derfor diskuteres om trafiksimulering, og herved VISSIM, kan anvendes i et konfliktstudie til vurdering af trafiksikkerheden.

I projektets litteraturstudie er det undersøgt, om anvendelsen af trafiksimulering kan benyttes i et konfliktstudie. Flere studier anvendte hertil programmerne VISSIM og SSAM, og ved validering af resultaterne i forhold til konflikter fra virkeligheden, viste studierne succes med trafiksimulering (Huang m.fl. [2012], Essa og Sayed [2015], Archer [2005], Fan m.fl. [2013], Sayed m.fl. [1993]). Disse studier har dog hovedsageligt omfattet signalregulerede kryds i byområder. I litteraturstudiet har materiale omkring simulering af konfliktstudier i prioriterede kryds været meget begrænset. Sammenligningsgrundlaget for dette studie med andre studier er derfor meget begrænset, hvilket gør at meget af litteraturen, der blev fundet i forhold til opsætning af VISSIM og SSAM, ikke var overførbare til dette projekt. De få rapporter, der omhandler prioriterede kryds, er dog for byområder og ikke i åbent land. Erfaringerne inden for dette område er derfor begrænsede, og det er forsøgt at belyse anvendelsen af trafiksimulering til konfliktstudie i prioriterede kryds i åbent land i dette projekt ved vejledning fra studierne.

Ud fra studier af Huang m.fl. [2012] og Essa og Sayed [2015], hvor signalregulerede kryds blev undersøgt, konkluderes det, at kalibrering af VISSIM modeller i forhold til trafikantadfærd sikrer en sammenhæng mellem simulerede og observerede konflikter. Dette er ikke tilfældet i dette projekt. En kalibrering foretaget ud fra en tilpasning til lokaliteten har ikke medført en sammenhæng mellem de simulerede konflikter og konflikterne fra det eksisterende konfliktstudie, der er anvendt som valideringsgrundlag for virkelige konflikter. Flere af de målte værdier for kalibrering af parametre til Scenarie 2 viste sig er være ens med værdierne i vejreglerne. Dette kan forklare, hvorfor der ikke var en statistisk signifikant forskel mellem konflikterne målt i Scenarie 1 og 2.

Hastighedsmålingerne i dette projekt i forhold til det eksisterende viste sig at være forskellige. Hvor hastighedsmålingen viste højere hastigheder i vestgående retning i dette projekt, var den modsat højere i østgående retning for det eksisterende studie. Da konfliktsituationerne er nærmest spejlvendte mellem dette projekt og det eksisterende, vurderes hastigheden at have en signifikant indvirkning på, hvor konflikterne opstår. Det er derfor vigtigt, at denne parameter undersøges for den pågældende lokalitet.

Samlet set kan anvendelsen af VISSIM og SSAM til konfliktstudie i prioriterede kryds i åbent land diskuteres. Resultaterne fra projektet er ikke sammenlignelige med det eksisterende konfliktstudie. Ud fra projektet vurderes det, at der er en del usikkerheder forbundet med anvendelsen af VISSIM og SSAM til konfliktstudie i prioriterede kryds. Derfor bør der udføres flere studier for konfliktstudie ved simulering i prioriterede kryds, da forskningen ind til nu hovedsageligt har fokuseret på signalregulerede kryds eller rundkørsler. VISSIM er et program, der hovedsageligt er udviklet til at vurdere kapaciteten i et vejnet, hvormed programmet ikke er udviklet til anvendelse i konfliktstudier. For at VISSIM kan anvendes til konfliktstudie bør programmet udvikles til også at have fokus på trafikantadfærden i forbindelse med konflikter og uheld.

I projektet har det dermed ikke været muligt at anvende VISSIM og SSAM til et konfliktstudie i et prioriteret kryds i åbent land. I projektet vurderes det, at der skal udvises en kritisk tilgang til anvendelsen af trafiksimulering i et konfliktstudie.

5.6 Fremtidige studier

Som de forskellige studier fra projektets litteraturstudie indikerer, er der manglende viden om trafiksikkerhedsindikatorernes grænseværdier for prioriterede kryds i åbent land samt viden om anvendelse af trafiksimulering til konfliktstudie på samme type lokalitet. Det anbefales derfor, at

undersøge disse emner i videre studier.

Konfliktstudiet med anvendelse af VISSIM og SSAM viste ikke sammenlignelige resultater i forhold til det eksisterende konfliktstudie, hvilket betvivler denne metodes anvendlighed til et konfliktstudie. En anden metode til at foretage et konfliktstudie er ved tracking. Metoden har en række fordele i forhold til et konfliktstudie ved simulering, såsom at konflikterne kan gennemses bagefter og valideres.

Fordelene ved et konfliktstudie udført på baggrund af trafiksimulering skal ses i forhold til en forebyggelse af uheld. Ved at udarbejde et konfliktstudie på forskellige løsningforslag er det muligt at vurdere den trafiksikkerhedsmæssige effekt af hver løsning inden ombygningen påbegyndes. Dette vurderes af Essa og Sayed [2015] og undersøges af Astarita m.fl. [2018], der gennem et studie fandt en positiv trafiksikkerhedsmæssig effekt ved at projektere krydset, så trafiksikkerheden forbedres. Det vurderes dog, at der stadig mangler flere undersøgelser inden for dette emne.

Denne forebyggende metode vil tracking ikke kunne imødekomme, da tracking foregår ved videooptagelser af trafikken på lokaliteterne. Dermed har tracking en begrænsning. Dog vil tracking som metode være en fordelagtig løsning til automatisering af et traditionelt konfliktstudie, hvorved der kan spares tid og ressourcer.

Konklusion 6

I dette projekt undersøges følgende problemformulering samt problemstillinger:

Kan trafiksimuleringsprogrammet VISSIM og konfliktsimuleringsværktøjet SSAM anvendes som substitution for et traditionelt konfliktstudie i prioriterede kryds i åbent land?

1. Hvordan stemmer resultater fra konfliktstudiet i SSAM overens med det eksisterende konfliktstudie fra projektlokaliteten?
2. Hvordan stemmer vurderingen af SSAM's anvendelighed i projektet overens med litteratur, der omhandler SSAM til konfliktstudie eller andre metoder til konfliktstudie?

I projektet ønskes det at undersøge, om mikrosimuleringsprogrammet VISSIM og konfliktsimuleringsværktøjet SSAM kan anvendes som substitution for et traditionelt konfliktstudie i prioriterede kryds i åbent land. Dette er undersøgt ved at udarbejde et konfliktstudie i det prioriterede kryds i åbent land, bestående af vejene Bejstrupvej, Manstrupvej og Mandstrup Standvej. Til simulering af trafikken anvendes VISSIM og til registrering og analysering af konflikterne anvendes SSAM. Til validering af resultaterne anvendes et eksisterende konfliktstudie fra lokaliteten, hvor udvalgte potentielle konflikter analyseres på traditionel vis i videoanalyseprogrammet T-Analyst og yderligere vurderes konflikterne ud fra manuelle observationer. Til valideringen anvendes desuden uheldsdata fra lokaliteten. For at skabe et ens sammenligningsgrundlag for valideringen benyttes trafiksikkerhedsindikatorerne TTC og PET. Disse indikatorer anvendes både i SSAM og T-Analyst, hvor grænseværdierne i projektet indstilles 1,5 sek. til identificering af konflikter.

I projektet er det ud fra et litteraturstudie undersøgt, om trafiksimulering kan anvendes til at vurdere trafiksikkerheden på en given lokalitet. En række studier har haft succes ved anvendelsen af af programmerne VISSIM og SSAM i signalregulerede kryds. Der er imidlertid enighed om, at trafiksimulering til konfliktstudie kræver videre undersøgelse. Der er manglende litteratur omhandlende lokalitetstypen prioriterede kryds i åbent land.

Resultaterne fra det simulerede konfliktstudiet udført i SSAM og VISSIM og konfliktstudiet for de eksisterende konfliktstudie udført i T-Analyst viser en signifikant forskel i antallet af konflikter fordelt på konfliktsituationerne.

Det vurderes, at fejlkilder i VISSIM modellen kan være medvirkende til at resultaterne ikke stemmer overens. Fejlkilderne omfatter parameterværdier indsat i modellen ved hastighedsmålingerne og ved måling af gap tider i forbindelse med opsætning af vigepligter ved brug af konfliktarealer. Derudover er en fejlkilde, at VISSIM som program ikke kan afspejle kørselsadfærden. Programmet kan ikke tage højde for faktorer tillagt trafikanten (alder, erfaring og opmærksomhed), vejen (vejens beskaffenhed påvirket af vejret) og køretøjet (ABS og ESP). Det vurderes, at VISSIM modellen i dette projekt med de indsatte parameterværdier og som program ikke er i stand til, at afspejle den virkelige kørselsadfærd på projektlokaliteten i forhold til forekomsten af konflikter.

Ud fra resultaterne kan det konkluderes, at programmerne VISSIM og SSAM i dette projekt ikke kan anvendes som substitution for et traditionelt konfliktstudie i prioriterede kryds i åbent land. Det anbefales derfor, at der skal udvises en kritisk tilgang til anvendelsen af trafiksimulering i et konfliktstudie.

Det anbefales at konfliktstudier ved anvendelse af trafiksimulering i VISSIM undersøges nærmere grundet den manglende viden på området. I forbindelse med det videre arbejde på området anbefales det desuden, at videreudvikle VISSIM på et teknologisk plan i retning af et redskab til håndtering af konflikter, da det har stor potentiale inden for trafiksikkerhedsvurdering af løsningsforslag til infrastruktur ombygninger. Desuden vurderes det, at der stadig mangler en del forskning inden for brugen af mikrosimulering til konfliktstudie i prioriterede kryds i åbent land. Derudover anbefales det, at standardisere trafiksikkerhedsindikatorerne og videreudvikle disse.

Litteraturliste

Aghabayk, Kayvan m.fl., 2013, *A novel methodology for evolutionary calibration of VISSIM by multi-threading*. Tek. rap. Institute of Transport Studies, Department of Civil Engineering, Monash University.

Albrink, Rasmus m.fl., 2010, *Anvendelse af mikrosimulering*. Tek. rap. Vejdirektoratet.

Amundsen, Finn Harald, Norges teknisk-naturvitenskapelige forskningsråd og Tekniska högskolan i Lund, 1977, *Proceedings from the First Workshop on Traffic Conflicts, Oslo, September 1977*. Tekniska Högskolan i Lund.

Archer, Jeffrey, 2005, *Indicators for traffic safety assessment and prediction and their application in micro-simulation modelling: A study of urban and suburban intersections*. Tek. rap. Department of Infrastructure.

Astarita, Vittorio m.fl., 2018, *Surrogate Safety Measures from Traffic Simulation Models a Comparison of different Models for Intersection Safety Evaluation*. Tek. rap. Univesitá della Calabria.

St-Aubin, Paul, Nicolas Saunier og Luis Miranda-Moreno, 2015, *Large-scale automated proactive road safety analysis using video data*. Tek. rap. Polytechnique Montreal og McGill University.

Borgeskov, Frederik m.fl., 2015, *Håndbog for kapacitet og serviceniveau*. Tek. rap. Vejdirektoratet.

Caliendo, Ciro og Maurizio Guida, 2012, *Microsimulation approach for predicting crashes at unsignalized intersections using traffic conflicts*. Tek. rap.

Cunto, Flávio og Frank F. Saccomanno, 2008, *Calibration and validation of simulated vehicle safety performance at signalized intersections*. Tek. rap. Department of Civil og Environmental Engineering, University of Waterloo.

Darzentas, J. m.fl., 1980, *Simulation of road traffic conflicts at T-junctions*. Tek. rap. Department of Mathematics.

Det Informationsvidenskabelige Akademi, n.d., *Ordbogsopslag: Sneboldsøgning*. Set: 16-05-2019. URL: `http://www.informationsordbogen.dk/concept.php?cid=3877`.

D.J. Migletz, W. D. Glauz og K. M. Bauer, 1985, *Relationships between traffic conflicts and accidents*. Tek. rap. Set: 13-05-2019.

Essa, Mohamed og Tarek Sayed, 2015a, *Simulated Traffic Conflicts: Do They Accurately Represent Field-Measured Conflicts?* Tek. rap. Department of Civil Engineering, University of British Columbia.

— , 2015b, *Transferability of calibrated microsimulation model parameters for safety assessment using simulated conflicts*. Tek. rap. Department of Civil Engineering, University of British Columbia.

Aalborg Universitet, n.d., *Trafikanalyse med video*. Set: 16-05-2019. URL: `http://www.trafik.aau.dk/2015/12/06/trafikanalyse-med-video/`.

Aarhus Universitet, 2018, *Systematisk litteratursøgning*. Set: 12-02-2019. URL: `http://library.au.dk/forskere/systematisklitteratursoegning/`.

Gallelli, Vincenzo m.fl., 2017, *Effects of calibration process on the simulation of rear-end conflicts at roundabouts*. Tek. rap. University of Calabria.

Gettman, Douglas m.fl., 2008, *Surrogate Safety Assessment Model and Validation: Final Report*. Tek. rap. U.S. Department of Transportation - Federal Highway Adminstartion.

Huang, Fei m.fl., 2012, *Identifying if VISSIM simulation model and SSAM provide reasonable estimates for field measured traffic conflicts at signalized intersections*. Tek. rap. School of Transportation, Southeast University.

Hydén, Christer, 1987, *The development of a method for traffic safety evaluation: The Swedish Traffic Conflicts Technique*. Tek. rap. Lund University.

Lahrmann, Harry, 2015, *Forsker: Stigende mørketal om trafikulykker*. Set: 02-05-2019. URL: `https://www.altinget.dk/transport/artikel/forsker-voksende-moerketal-om-trafikulykker`.

Larsen, Ulrik m.fl., 2019, *Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller - Høringsversion*. Tek. rap. Vejdirektoratet.

Laureshyn, Aliaksei, 2010, *Application of automated video analysis to road user behaviour*. Tek. rap. Lund University.

Laureshyn, Aliaksei m.fl., 2016, *Review of current study methods for VRU safety - Appendix 6 – Scoping review: surrogate measures of safety in site-based road traffic observations*. Tek. rap.

Laureshyn, Aliaksei og Andras Varhelyi, 2018, *The Swedish Traffic Conflict Technique observer's manual*. Tek. rap. Lund University.

Lund Universitet, 1992, *The Swedish Traffic Conflict Technique*. Tek. rap. Lund University.

— , 2019, *Traffic Safety and Behaviour - Video Analysis*. Set: 16-05-2019. URL: `http://www.tft.lth.se/english/research/traffic-safety-and-behaviour/`.

McDonald, John H., 2015, *Fisher's exact test of independence*. Set: 04-06-2019. URL: `http://www.biostathandbook.com/fishers.html`.

PTV Group, 2018, *PTV VISSIM 10 - User Manual*. PTV AG.

Rong Fan Hao Yu, Pan Liu og Wei Wang, 2013, *Using VISSIM simulationmodel and Surrogate Safety Assessment Model for estimating field measured traffic conflicts at freeway merge areas*. Tek. rap.

S. M. Sohel Mahmud Luis Ferreira, Md. Shamsul Hoque og Ahmad Tavassoli, 2018, *Micro-simulation modelling for traffic safety: A review and potential application to heterogeneous traffic environment*. Tek. rap. International Association of Traffic og Safety Sciences.

Sayed, Tarek m.fl., 1993, *Simulation of traffic conflicts at unsignalized intersections with TSC-Sim*. Tek. rap. University of British Columbia.

Stata, 2019, *Stata software*. Set: 06-06-2019. URL: `https://www.stata.com/`.

Tanja Madsen Charlotte Tønning, Lise Holt og Harry Lahrmann, 2017, *Videoanalyse af konflikter i Jammerbugt – hvad får vi ekstra i forhold til en traditionel uheldsanalyse?* Tek. rap. Trafikdage Aalborg Universitet 2017.

Transport-, Bygnings- og Boligministeriet, 2018, *Bekendtgørelse af færdselsloven*. Set: 13-02-2019. URL: `https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=204976`.

Transportation - Federal Highway Adminstartion, U.S. Department of, n.d., *Surrogate Safety Assessment Model Overview*. Set: 27-05-2019. URL: https://highways.dot.gov/safety/ssam/surrogate-safety-assessment-model-overview.

Vejdirektoratet, 2006, *Trafiktællinger - Planlægning, udførelse og efterbehandling*. Tek. rap. Vejdirektoratet.

— , 2015, *Trafiksikkerhedsberegninger og ulykkesbekæmpelse*. Tek. rap. Vejdirektoratet.

— , 2018, *Anvendelse af arealbehovskurver for typekøretøjer*. Tek. rap. Vejdirektoratet.

— , 2019, *kMastra*. Set: 13-02-2019. URL: https://mastra.vd.dk/mastra/nytui/kort/UniKort.html?v=122#0.

Liste over elektroniske bilag A

I projektet anvendes en række elektroniske bilag, der er vedlagt projektet. De elektroniske bilag er oplistet nedenfor:

- Elektronisk bilag 1: Besigtigelse af projektlokaliteten
- Elektronisk bilag 2: Trafiktælling
- Elektronisk bilag 3: Hastighedsmåling traktor
- Elektronisk bilag 4: Hastighedsmåling personbil
- Elektronisk bilag 5: CC0 Standstill distance
- Elektronisk bilag 6: CC1 Headway time
- Elektronisk bilag 7: Hastighedsmåling svingende trafikanter
- Elektronisk bilag 8: Front gap og rear gap
- Elektronisk bilag 9: Delphi studie
- Elektronisk bilag 10: Resultater SSAM Scenarie 1
- Elektronisk bilag 11: Resultater SSAM Scenarie 2
- Elektronisk bilag 12: Resultater SSAM Scenarie 1 ændring af grænseværdier
- Elektronisk bilag 13: Resultater SSAM Sceanrie 2 ændring af grænseværdier

Fremgangsmåde ved litteratursøgning B

Dette appendiks indeholder en tabel for litteratursøgning i projektet. Tabellen kan ses i tabel B.1. Tabellen er opdelt efter, hvilke emner der er søgt inden for. I søgningen anvendes forskellige søgeord og søgemetoder, der er nærmere beskrevet i afsnit 2.1.1. I tabellen fremgår antallet af artikler, der er fundet ved forskellige søgninger, og hvor mange af artiklerne der er åbnet, hvilket ses i parenteserne. Litteratursøgningen vises for de tre mest anvendte databaser (TRID, Sciencedirect og PRIMO).

Mange af de anvendte artikler i projektet er ikke fundet igennem disse søgninger men derimod ved *sneboldsøgning*.

Tabel B.1. Litteratursøgning i projektet. Viser emne, anvendte søgeord og anvendt søgedatabase

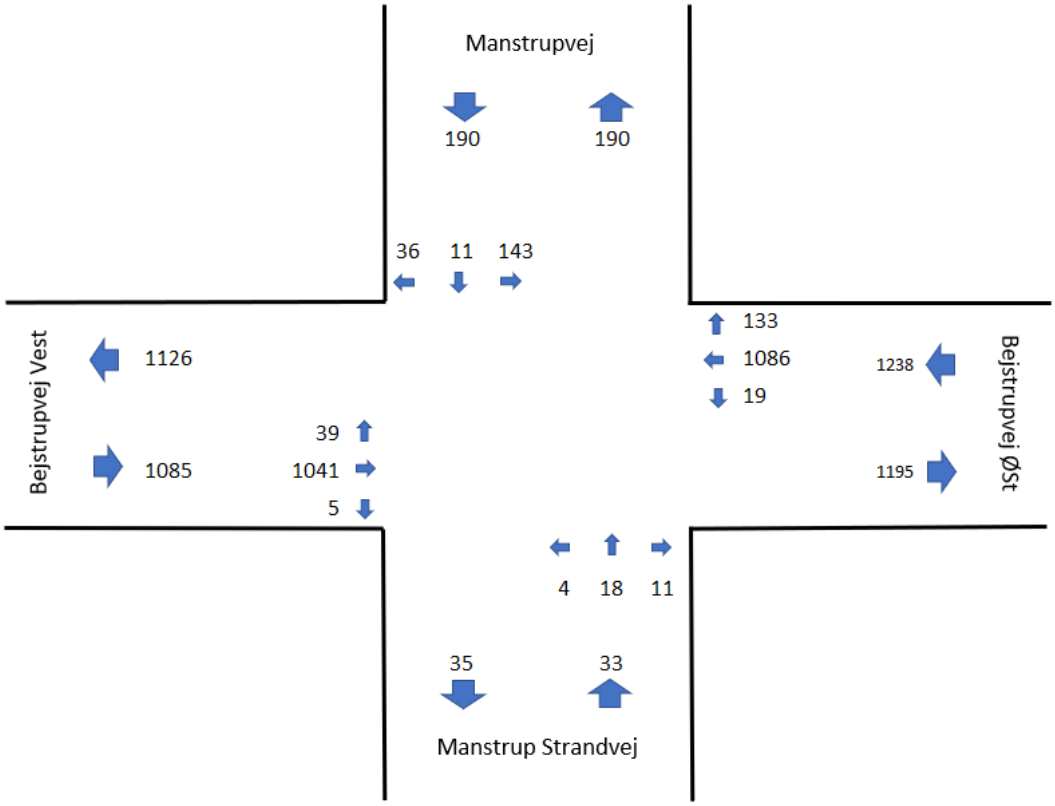
Emne	**Søgeord**	**Sciencedirect**	**TRID**	**Primo**
Konfliktstudie, teori og indikatorer	"Traffic conflict technique"	221 (2)	115 (1)	287 (1)
	"Safety evaluation" AND conflict*	4.115 (6)	126 (9)	11.696 (-)
	"Surrogate safety indicators" AND (TTC OR PET)	20 (2)	2 (-)	30 (2)
	"Surrogate safety indicators" AND "Safety evaluation"AND Conflict*	-	22 (1)	13.957 (1)
Mikrosimulering i VISSIM	VISSIM And Calibration AND Validation	294 (5)	54 (1)	899 (-)
	(VISSIM OR "microsimulation model") AND ("Car-following" OR Car following") AND Behaviour	306 (6)	1.361 (-)	4.590 (-)
	VISSIM AND Behaviour AND Parameter*	611 (6)	34 (1)	1.983 (-)
Anvendelse af SSAM til konfliktstudie	SSAM AND VISSIM	58 (15)	70 (9)	178 (3)
	SSAM AND Unsignalized	16 (4)	5 (0)	58 (2)
	(Microsimulation OR "Microscopic simulation") AND "surrogate safety measure"	85 (4)	91 (13)	242 (6)
	SSAM AND Transferability	183 (4)	2 (2)	42 (6)
Fuld-automatisk konfliktstudie (Tracking)	Vehicle tracking AND "Surrogate safety"	21 (9)	3 (-)	53 (5)
	Vehicle tracking (Author: "Nicolas Saunier" OR "Tarek Sayed")	5 (5)	-	-

Yderligere søgninger fra andre databaser

Emne	**Søgeord**	**Søgemaskine**	Antal
Konfliktstudie af Christer Hydén	"The development of a method for traffic safety evaluation"	Researchgate.net	1
Evaluering af SSAM's anvendelighed	Microsimulation AND Evaluation	Academia.edu	3

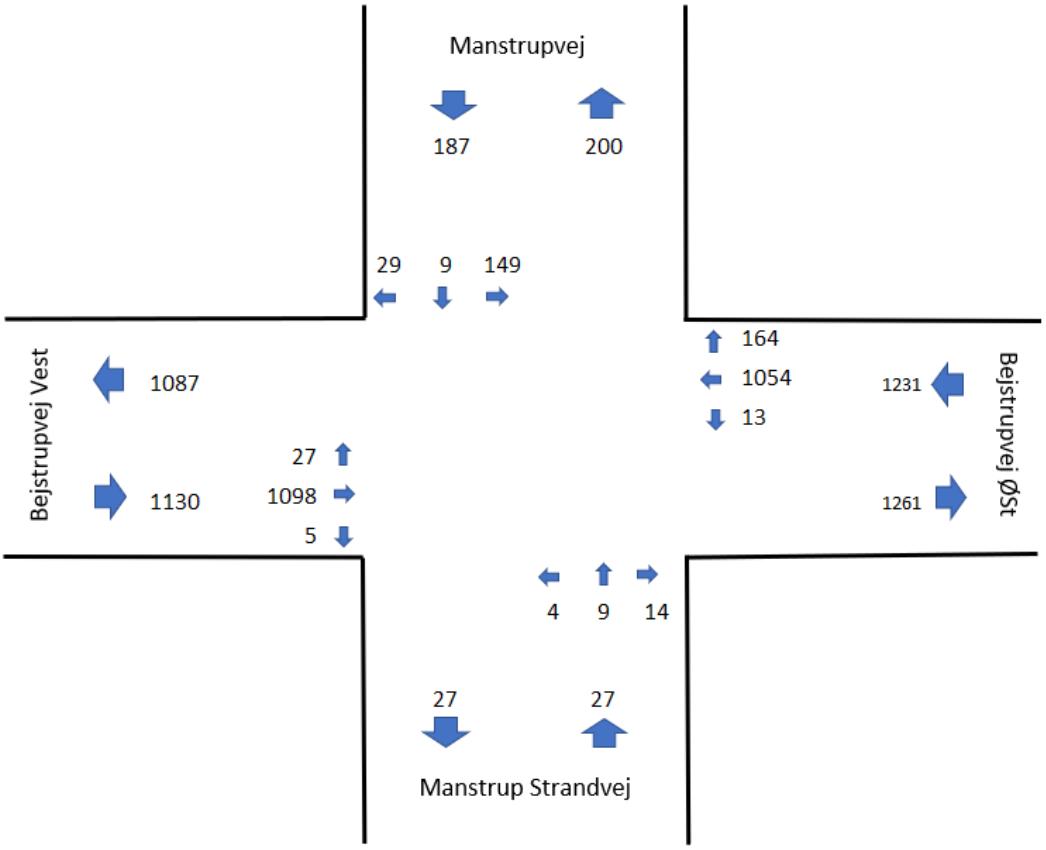
Trafiktal C

Dette appendiks indeholder trafiktal fra de fem dage, der er foretaget krydstællinger på lokaliteten. Krydstællingerne er udført manuelt på baggrund af videomaterialet fra Aalborg Universitet fra lokaliteten. Der er talt trafik fra tirsdag d. 06-06-2017 til fredag d. 09-06-2017 samt mandag d. 12-06-2017. Trafiktallene viser den samlede talte trafik i løbet af dagene fra kl. 05:00-19:00. De samlede trafiktal for alle talte trafikantgrupper fremgår af figur C.1-C.5

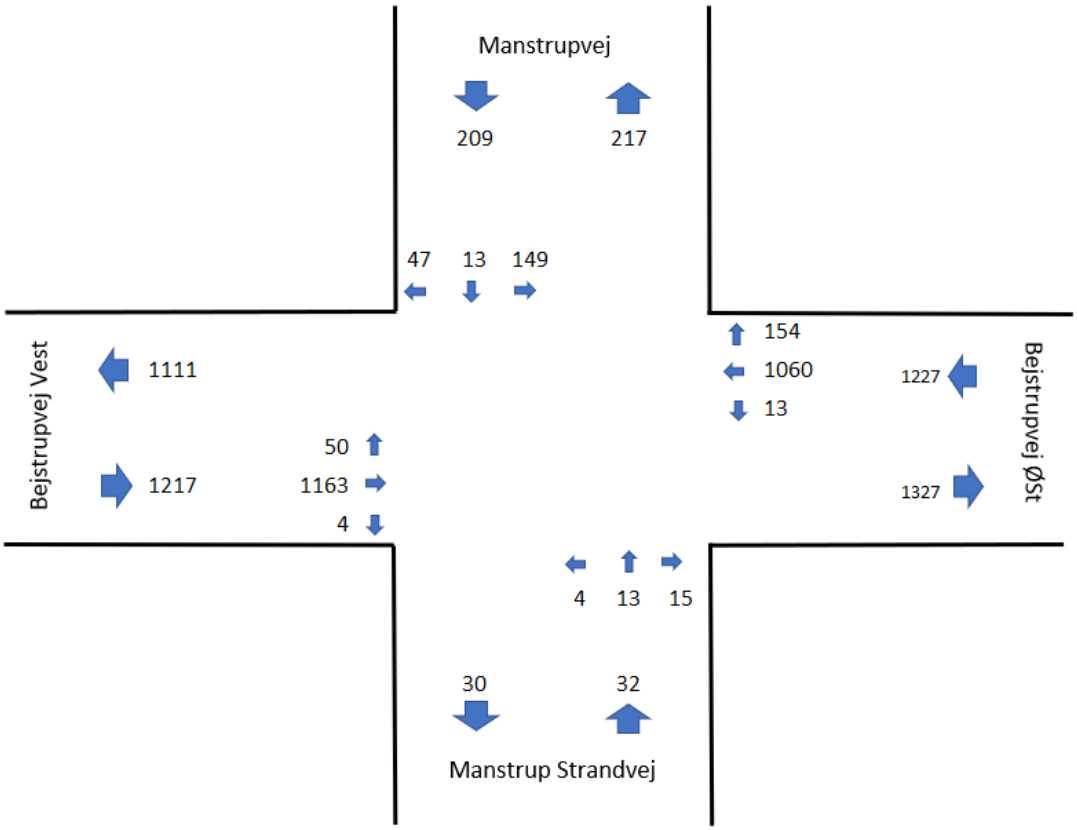


Figur C.1. Trafiktal for tirsdag d. 06-06-2017.

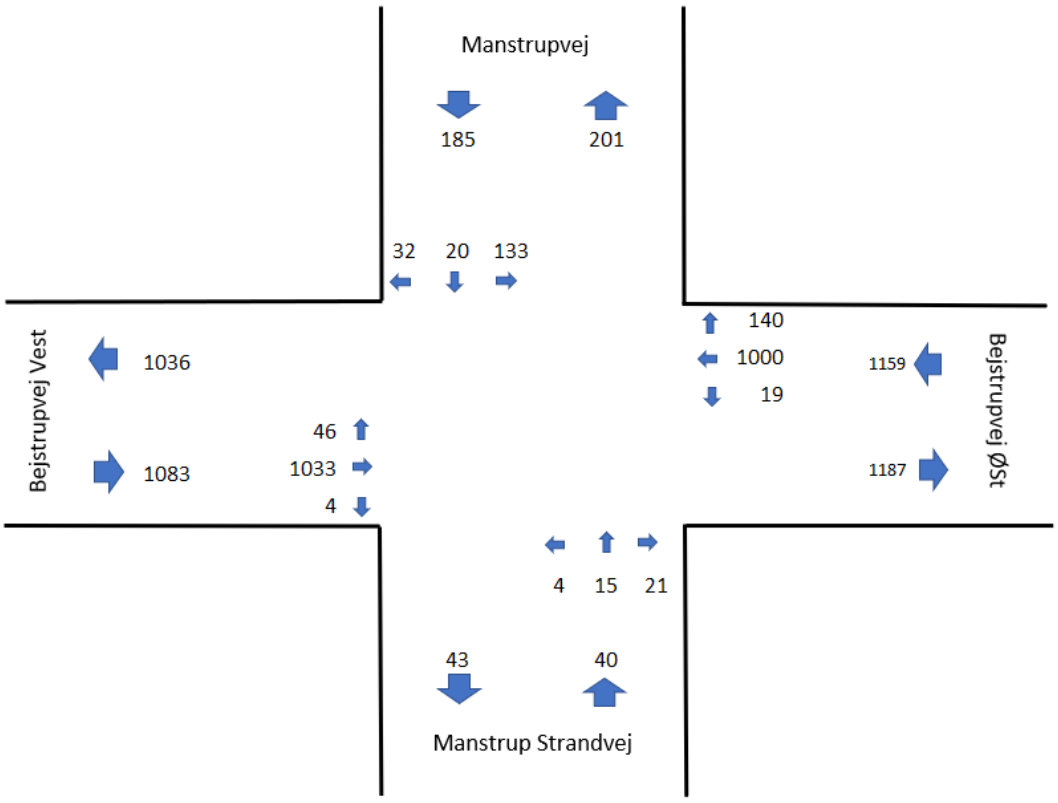
Figur C.2. Trafiktal for onsdag d. 07-06-2017.



Figur C.3. Trafiktal for torsdag d. 08-06-2017.



Figur C.4. Trafiktal for fredag d. 09-06-2017.



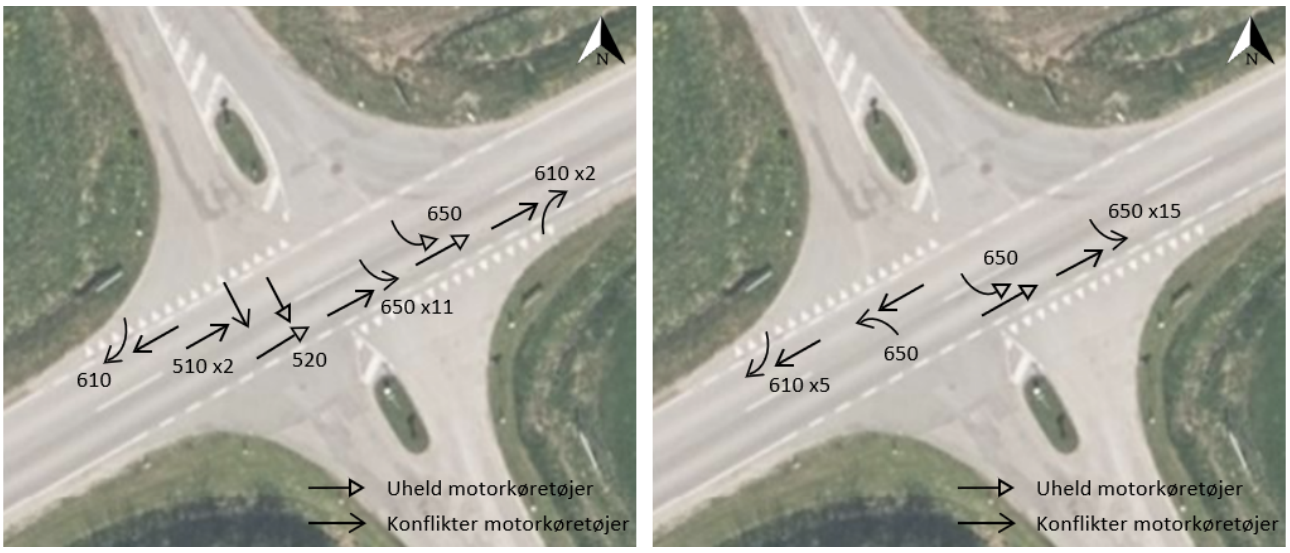
Figur C.5. Trafiktal for mandag d. 12-06-2017.

Konfliktdiagrammer D

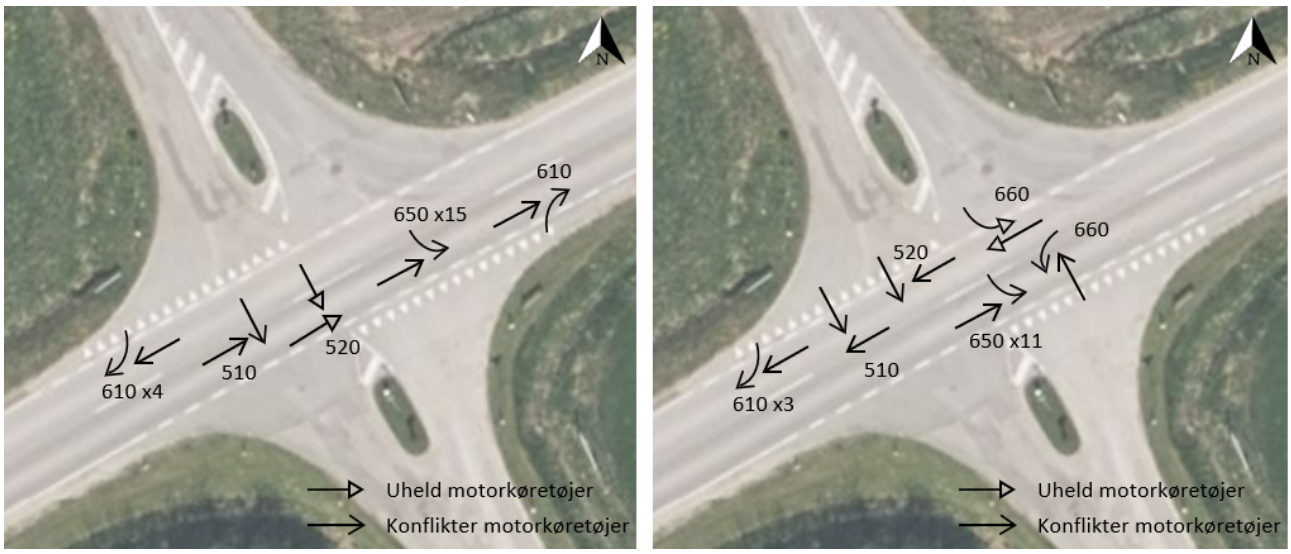
Dette bilag indeholder resultater fra SSAM illustreret på konfliktdiagrammer. Resultaterne er opdelt på Scenarie 1 og Scenarie 2 og herunder opdelt på 10 VISSIM simuleringer. Konfliktdiagrammerne fra Scenarie 1 kan ses på figurerne D.1, D.2, D.3, D.4 og D.5. Konfliktdiagrammerne fra Scenarie 2 kan ses på figurerne D.6, D.7, D.8 D.9 og D.10.

Scenarie 1: VISSIM simulering 1 - 10

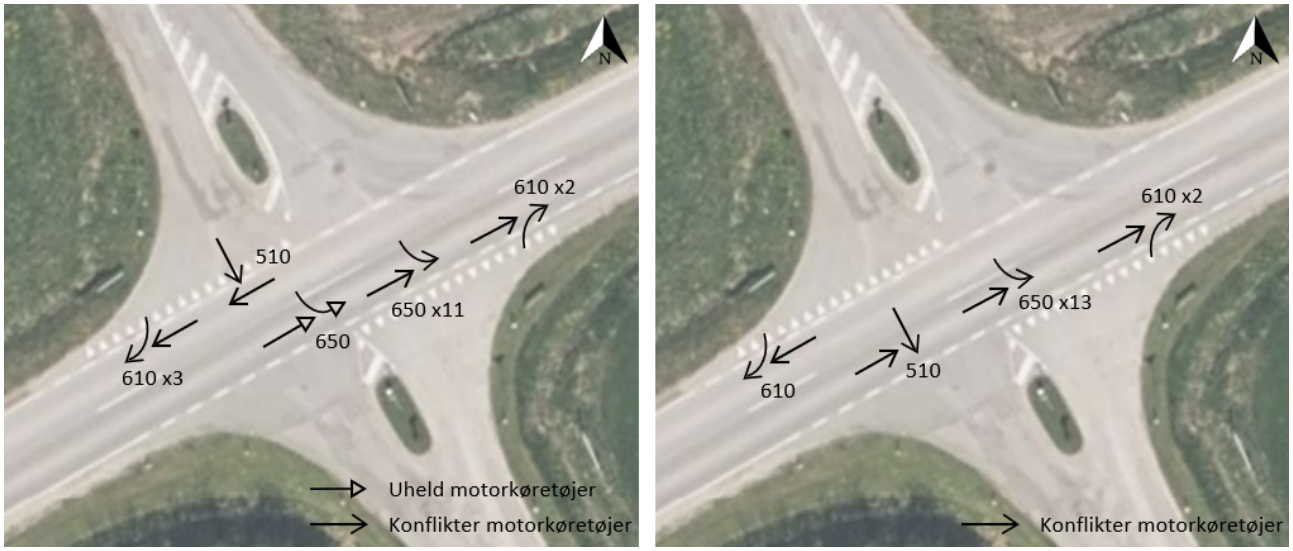
Figur D.1. Konfliktdiagram over konflikter fra Scenarie 1. VISSIM simulering nr. 1 (t.v.) og nr. 2 (t.h.).



Figur D.2. Konfliktdiagram over konflikter fra Scenarie 1. VISSIM simulering nr. 3 (t.v.) og nr. 4 (t.h.).



Figur D.3. Konfliktdiagram over konflikter fra Scenarie 1. VISSIM simulering nr. 5 (t.v.) og nr. 6 (t.h.).

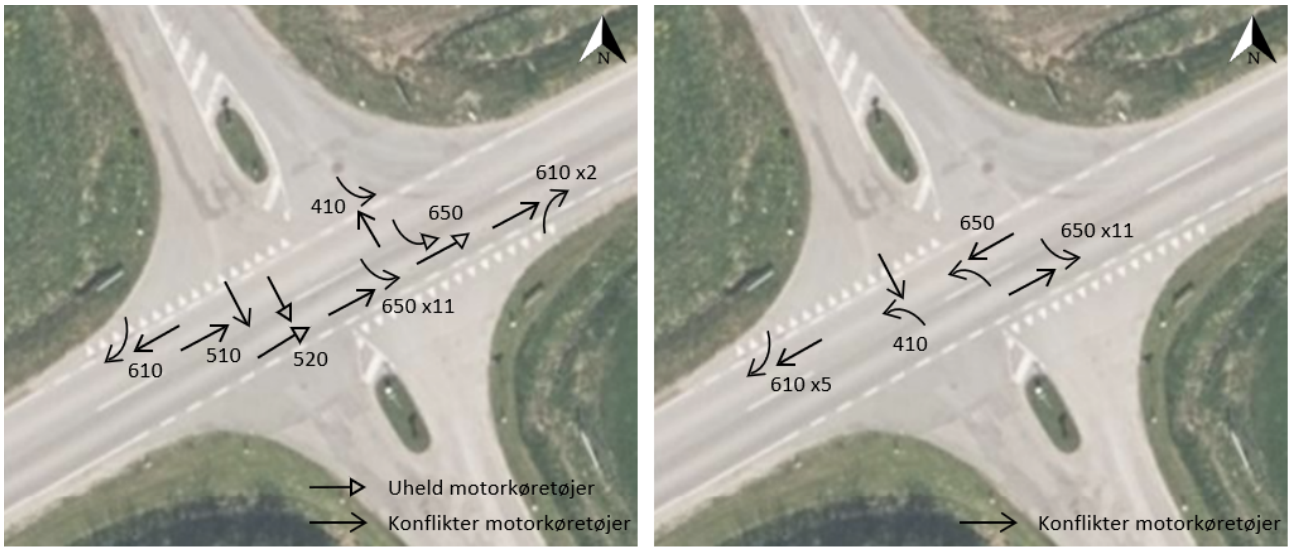


Figur D.4. Konfliktdiagram over konflikter fra Scenarie 1. VISSIM simulering nr. 7 (t.v.) og nr. 8 (t.h.).

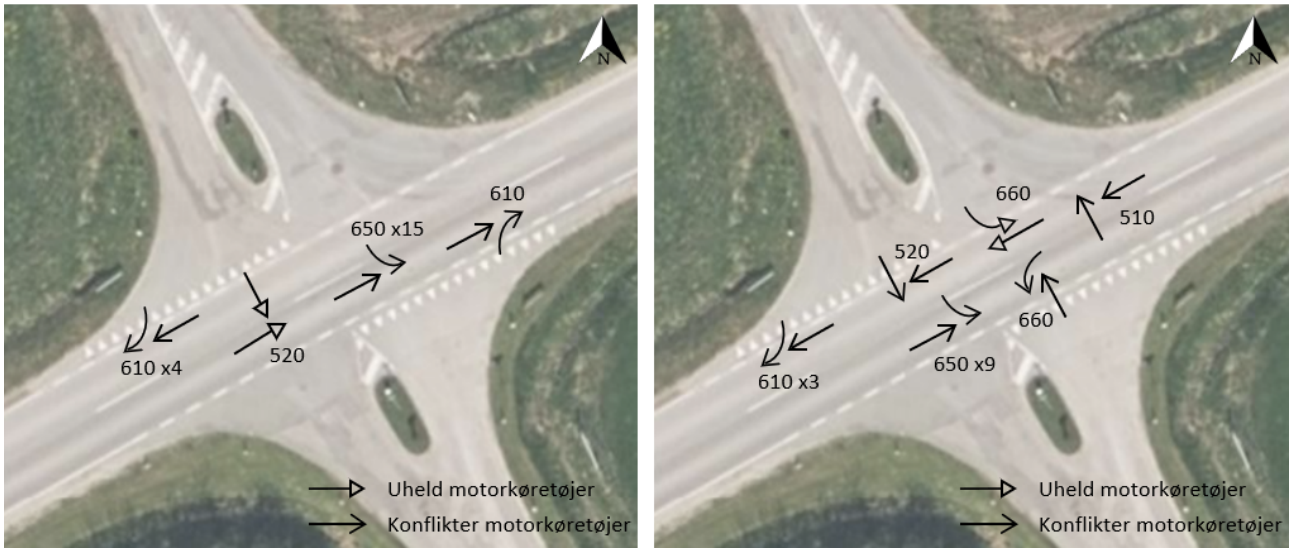
Figur D.5. Konfliktdiagram over konflikter fra Scenarie 1. VISSIM simulering nr. 9 (t.v.) og nr. 10 (t.h.).

Scenarie 2: VISSIM simulering 1 - 10

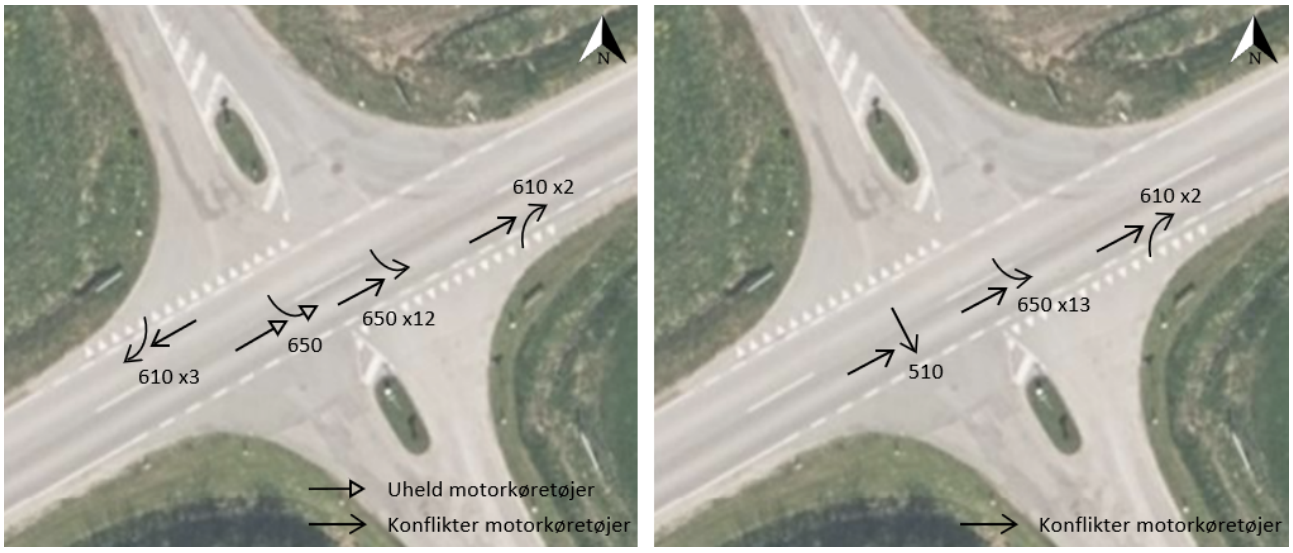
Figur D.6. Konfliktdiagram over konflikter fra Scenarie 2. VISSIM simulering nr. 1 (t.v.) og nr. 2 (t.h.).



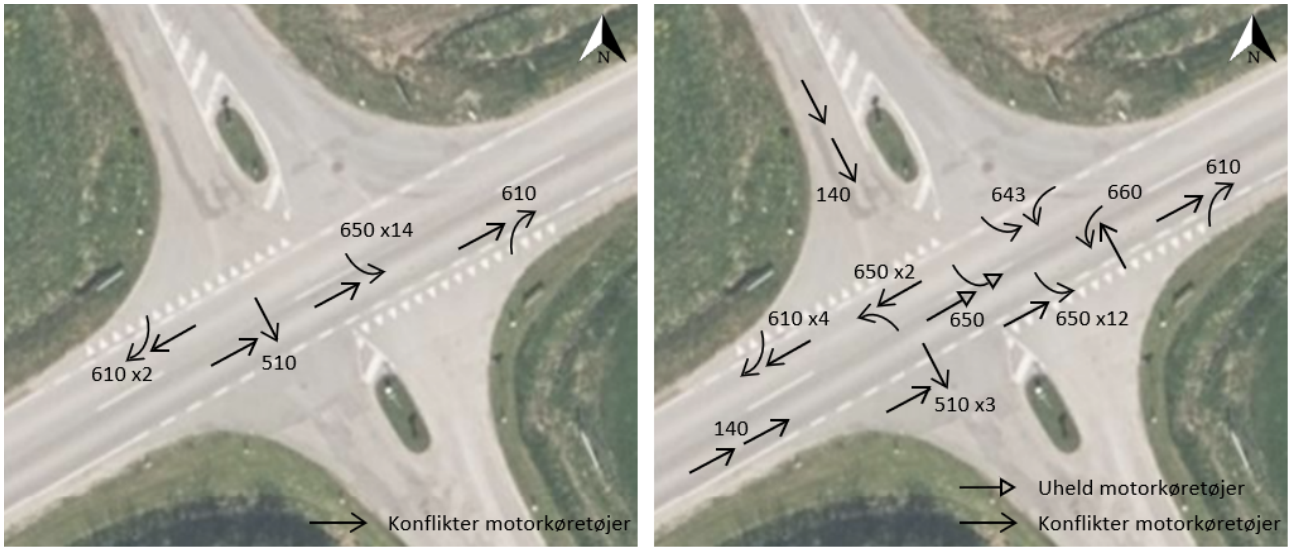
Figur D.7. Konfliktdiagram over konflikter fra Scenarie 2. VISSIM simulering nr. 3 (t.v.) og nr. 4 (t.h.).



Figur D.8. Konfliktdiagram over konflikter fra scenarie 2 VISSIM simulering nr. 5 (t.v.) og nr. 6 (t.h.).



Figur D.9. Konfliktdiagram over konflikter fra Scenarie 2. VISSIM simulering nr. 7 (t.v.) og nr. 8 (t.h.).



Figur D.10. Konfliktdiagram over konflikter fra Scenarie 2. VISSIM simulering nr. 9 (t.v.) og nr. 10 (t.h.).

Statistisk test af resultater E

I dette appendiks gennemgås de statistiske test, der er udført på projektets resultater. For at vurdere om resultaterne kan sammenlignes, foretages der er en statistisk test, der kan indikere, om resultaterne er signifikant ens eller forskellige fra hinanden. Til dette anvendes Fishers eksakte test. Fishers eksakte test er en statistisk test, der anvendes i stedet for Chi i anden-test, når datamængden er begrænset som i dette projekt. Alle test er udført i statistiske dataanalyseprogram Stata [Stata, 2019].

I projektet testes følgende:

- De 10 VISSIM simuleringer for Scenarie 1
- De 10 VISSIM simuleringer for Scenarie 2
- Medianen for Scenarie 1 og Scenarie 2
- Medianen for Scenarie 1 og resultaterne for det eksisterende konfliktstudie
- Medianen for Scenarie 1 og Scenarie 2 og resultaterne for det eksisterende konfliktstudie
- Medianen for Scenarie 1 og Scenarie 2 (med ændrede trafiksikkerhedsindikator grænseværdier) og resultaterne for det eksisterende konfliktstudie

Der arbejdes ud fra følgende hypoteser ved alle test, med et signifikansniveau på 5 %.

- Nulhypotese (H_0):
  Forskellen mellem antallet af konflikter for hver konfliktsituation er statistisk insignifikant ($p \geq 0,05$).
- Alternativ hypotese (H_A):
  Forskellen mellem antallet af konflikter for hver konfliktsituation er statistisk signifikant ($p \leq 0,05$).

Scenarie 1
Det ønskes at undersøge, om de 10 simuleringer for Scenarie 1 har samme antal konflikter fordelt på konfliktsituationer. På grund af begrænsninger i Fishers eksakte test på mængden af datainput i Stata, er det valgt at fjerne konfliktsituationer, hvor der kun skete 1-2 konflikter fra testen. Det vurderes acceptabelt, da der ikke vil være en statistisk signifikant forskel mellem disse konfliktsituationer for hver simulering. Derfor blev tre konfliktsituationer testet, henholdvis: 650, 610 og 510. På figur E.1 ses testen for Scenarie 1.

row	col 1	2	3	Total
1	**15**	**5**	**2**	**22**
2	**14**	**1**	**1**	**16**
3	**11**	**3**	**2**	**16**
4	**16**	**5**	**0**	**21**
5	**15**	**5**	**1**	**21**
6	**11**	**3**	**1**	**15**
7	**11**	**5**	**1**	**17**
8	**13**	**3**	**1**	**17**
9	**14**	**3**	**2**	**19**
10	**14**	**5**	**3**	**22**
Total	**134**	**38**	**14**	**186**

Fisher's exact = **0.981**

Figur E.1. Fishers eksakte test for Scenarie 1. Rækken (row) viser hvilken nr. simulering det er og kolonnerne (col) viser konfliktsituationen, 1 = 650, 2 = 610 og 3 = 510.

Det ses ud fra figuren, at p-værdien (Fisher's exact) er lig med 0,981. Dermed accepteres nulhypotesen om, at der ikke er en statistisk signifikant forskel mellem antallet af konflikter fordelt på konfliktsituationerne for de 10 simuleringer for Scenarie 1.

Scenarie 2

Det ønskes at undersøge, om de 10 simuleringer for Scenarie 2 har samme antal konflikter fordelt på konfliktsituationer. Som for Scenarie 1 testes der kun for tre konfliktsituationer, henholdvis: 650, 610 og 510. På figur E.2 ses testen for Scenarie 2.

row	col 1	2	3	Total
1	**14**	**5**	**1**	**20**
2	**13**	**1**	**0**	**14**
3	**11**	**3**	**1**	**15**
4	**12**	**5**	**0**	**17**
5	**15**	**5**	**0**	**20**
6	**9**	**3**	**1**	**13**
7	**12**	**5**	**0**	**17**
8	**13**	**2**	**1**	**16**
9	**14**	**3**	**1**	**18**
10	**14**	**5**	**3**	**22**
Total	**127**	**37**	**8**	**172**

Fisher's exact = **0.895**

Figur E.2. Fishers eksakte test for Scenarie 2. Rækken (row) viser hvilken nr. simulering det er og kolonnerne (col) viser konfliktsituation, 1 = 650, 2 = 610 og 3 = 510.

Det ses ud fra figuren, at p-værdien (Fisher's exact) er lig med 0,895. Dermed accepteres nulhypotesen om, at der ikke er en statistisk signifikant forskel mellem antallet af konflikter fordelt på konfliktsituationerne for de 10 simuleringerne i Scenarie 2.

Scenarie 1 og Scenarie 2

Det ønskes at undersøge, om der er en statistisk signifikant forskel mellem Scenarie 1 og 2's resultaters median. Der testes for de tre konfliktsituationer: 650, 610 og 510, da der kun forekommer konflikter i form af disse konfliktsituationer. På figur E.3 ses testen for Scenarie 2.

	col			
row	1	2	3	Total
1	**14**	**4**	**1**	**19**
2	**13**	**4**	**1**	**18**
Total	**27**	**8**	**2**	**37**

Fisher's exact = **1.000**

Figur E.3. Fishers eksakte test for sammenligning af Scenarie 1 og Scenarie 2's medianer. Rækken (row) er opdelt i 1 = Scenarie 1 og 2 = Scenarie 2 og kolonnerne (col) viser konfliktsituationen, hvor 1 = 650, 2 = 610 og 3 = 510.

Det ses ud fra figuren, at p-værdien (Fisher's exact) er lig med 1,00. Dermed accepteres nulhypotesen om, at der ikke er en statistisk signifikant forskel mellem antallet af konflikter fordelt på konfliktsituationerne for Scenarie 1 og Scenarie 2's medianerne.

Scenarie 1 og Sceanrie 2 og det eksisterende konfliktstudie

Det ønskes at undersøge, om der er en statistisk signifikant forskel mellem antal konflikter fordelt på konfliktsituationer fra medianen i de to scenarier og det eksisterende konfliktstudie. Da p-værdien for testen af Scenarie 1 og Scenarie 2 indikerer ens dataværdier, bliver der kun testet for Scenarie 2, der repræsenterer begge scenarier, og de eksisterende konfliktstudie. Medianen af Scenarie 2's resultater omfatter konfliktsituationerne: 650, 610 og 510, mens det eksisterende konfliktstudie omfatter konfliktsituationerne: 660, 650 og 410. Der medtages dermed alle fem konfliktsituationer i testen. På figur E.4 ses testen for Scenarie 2 og det eksisterende konfliktstudie.

	col					
row	1	2	3	4	5	Total
1	**0**	**13**	**4**	**1**	**0**	**18**
2	**5**	**1**	**0**	**0**	**1**	**7**
Total	**5**	**14**	**4**	**1**	**1**	**25**

Fisher's exact = **0.000**

Figur E.4. Fishers eksakte test for Scenarie 2 og det eksisterende konfliktstudie. Rækken (row) er opdelt i 1 = Scenarie 2 og 2 = eksisterende konfliktstudie, og kolonnerne (col) viser konfliktsituation, hvor 1 = 660, 2 = 650, 3 = 610, 4 = 510 og 5 = 410.

Det ses ud fra figuren, at p-værdien (Fisher's exact) er lig med 0,000. Dermed forkastes nulhypotesen om, at der ikke er en statistisk signifikant forskel mellem antallet af konflikter fordelt på

konfliktsituationer for de to scenariers median og resultaterne fra det eksisterende konfliktstudie. Den alternative hypotese accepteres, hvilket betyder, at resultaterne for scenariernes median og det eksisterende konfliktstudie er signifikant forskellige.

Scenarie 1 og Scenarie 2 (med ændrede trafiksikkerhedsindikator grænseværdier) og det eksisterende konfliktstudie

For denne test er grænseværdien for trafiksikkerhedsindikatorerne TTC og PET ændret til $\leq$ 1,0 sek. for de 10 VISSIM simuleringer. Det eksisterende konfliktstudie bibeholder grænseværdien på $\leq$ 1,5 sek. Det ønskes at undersøge, om der er en statistisk signifikant forskel mellem antal konflikter fordelt på konfliktsituationer fra medianen de to scenarier med ændrede grænseværdier og det eksisterende konfliktstudie. Da medianen for Scenarie 1 og Scenarie 2 viser ens resultater, bliver der kun testet for Scenarie 2, der repræsenterer begge scenarier, og de eksisterende konfliktstudie. Medianen af Scenarie 2's resultater omfatter konfliktsituationerne: 650 og 510, mens det eksisterende konfliktstudie omfatter konfliktsituationerne: 660, 650 og 410. Der medtages dermed alle fire konfliktsituationer i testen. På figur E.5 ses testen for Scenarie 2 og det eksisterende konfliktstudie.

	col				
row	1	2	3	4	Total
1	**0**	**1**	**1**	**0**	**2**
2	**5**	**1**	**0**	**1**	**7**
Total	**5**	**2**	**1**	**1**	**9**

Fisher's exact = **0.167**

Figur E.5. Fishers eksakte test for Scenarie 2 (med ændrede grænseværdier) og det eksisterende konfliktstudie. Rækken (row) er opdelt i 1 = Scenarie 2 og 2 = eksisterende konfliktstudie, og kolonnerne (col) viser konfliktsituation, 1 = 660, 2 = 650, 3 = 510, 4 = 410.

Det ses ud fra figuren, at p-værdien (Fisher's exact) er lig med 0,167. Dermed accepteres nulhypotesen om, at der ikke er en statistisk signifikant forskel mellem antallet af konflikter fordelt på konfliktsituationer for de to scenariers median (med ændrede grænseværdier) og resultaterne fra det eksisterende konfliktstudie. Det kan imidlertid diskuteres om sammenligning er korrekt grundet det lave antal konflikter i testen. Dette diskuteres i projektets diskussion.