

Snorre Felldal

# Fotgjengersimulering med *Pedestrian Simulator* i Aimsun Next 22

Forbedringspotensial ved simulering av konflikter i uregulerte gangfelt

Masteroppgave i Bygg- og Miljøteknikk

Veileder: Arvid Aakre

Juni 2023



**NTNU**

Kunnskap for en bedre verden



Snorre Felldal

## **Fotgjengersimulering med *Pedestrian Simulator* i Aimsun Next 22**

Forbedringspotensial ved simulering av konflikter i uregulerte gangfelt

Masteroppgave i Bygg- og Miljøteknikk  
Veileder: Arvid Aakre  
Juni 2023

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for ingeniørvitenskap  
Institutt for bygg- og miljøteknikk



Kunnskap for en bedre verden





---

## Forord

Denne masteroppgaven er skrevet ved Institutt for bygg og miljøteknikk og er det avsluttende arbeidet på en 5-årig sivilingeniørutdanning ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU). Oppgaven tilsvarer 30 studiepoeng og skrevet våren 2023 på masterstudiet Bygg- og miljøteknikk, med studieretning veg, transport og geomatikk i Trondheim.

Det siste halvåret har vært spennende og lærerikt, og jeg ønsker å rette en spesiell takk til veileder Arvid Aakre for gode diskusjoner, godt samarbeid og konstruktiv veiledning på veien.

Også takk til familie og venner for alle støtte underveis i studietiden, samt studentfrivilligheten i Trondheim for en fantastisk studietid.

Jeg vil til slutt takke min samboer, kjæreste og beste venn, Charlotte Sørensen, for uvurderlig hjelp og støtte gjennom hele denne reisen. Dette hadde ikke vært mulig uten deg.

Trondheim, Juni 2023  
Snorre Felldal

---

## Sammen drag

Denne masteroppgaven omhandler simulering av konflikt mellom fotgjengere og kjøretøy i uregulerte gangfelt ved bruk av Aimsun Next 22. For å simulere fotgjengere har fotgjengersimulatoren i Aimsun Next, *Pedestrian Simulator*, blitt brukt. Formålet med oppgaven har vært å undersøke om fotgjengersimulatoren gir realistiske beskrivelser av slike konflikter og hvordan man kan forbedre modellens eventuelle svakheter.

Oppgaven ble gjennomført i tre deler. En litteraturstudie ble utført for å forstå hvordan trafikkmodeller bygges og fungerer. Litteratur for å få bedre innsikt i Aimsun Next sin fotgjengermodell og fotgjengersimulator ble også innhentet. I denne delen av masteroppgaven ble også grunnlaget for utvikling av forbedringsforslag lagt. Litteratur rundt utvikling av modeller peker blant annet på viktigheten av en modell sin troverdighet ovenfor de som benytter den. Dette prinsippet er også anvendt i analysen av fotgjengersimulatoren.

Deretter ble det gjennomført en analysestudie av fotgjengersimulatoren gjennom bygging av modeller og eksperimentering med disse. Kvantitative undersøkelser av modellene som ble laget i Aimsun Next ble gjennomført for å kartelegge om fotgjengersimulatoren gir realistiske simuleringer. Fra resultatene fra denne delen av oppgaven ble det konkludert med at fotgjengersimulatoren virker å ha svakheter knyttet til fotgjenger sin synlighet ovenfor kjøretøy. Dette fører til at et relativt stort antall konflikter oppleves som urealistisk sammenlignet med virkeligheten. Derimot viste ikke disse undersøkelsene hvorvidt dette påvirker resultatene Aimsun Next gir ut ved simulering eller om det kun er et visuelt problem som oppleves som unaturlig adferd for den som studerer animasjonen.

Siste del besto av å utvikle et forbedringsforslag. Dette ble gjort gjennom utvikling av en konseptuell teoretisk modell som tok sikte på å gjøre fotgjengere synlig for kjøretøy tidligere enn det dagens modell gjør. Det ble innhentet erfaringer fra virkeligheten, og sammen med relevant teori ble det utviklet et influensområde i form av en halvsirkel med radius på 3.8 meter hvor fotgjengere er synlig for kjøretøy. Det ble også bestemt grenseverdier for når et kjøretøy må reagere for å kunne bremse på en realistisk, og aller helst komfortabel, måte. Forbedringsforslaget anses som det første steget i en forbedringsprosess og det forventes en prosess med flere runder validering, justering og kalibrering før modellen kan kodes og er klar til testing i Aimsun Next. For videre utvikling av modellen bør større mengder og mer nøyaktig data samles inn, slik at modellen kan utvikles videre og valideres basert på hvordan det fungerer i uregulerte gangfelt i virkeligheten.

---

## Scientific Abstract

This master's thesis has examined the simulation of conflicts between pedestrians and vehicles in unregulated crosswalks using Aimsun Next 22. To simulate pedestrians in Aimsun Next, *Pedestrian Simulator*, has been used. The purpose of the thesis has been to investigate whether the pedestrian simulator provides a realistic description of the mentioned conflicts and how to improve the model's potential weaknesses.

The thesis was conducted in three parts. A literature review was conducted to understand how traffic models are built and function, as well as to gain better insight into Aimsun Next's pedestrian model and pedestrian simulator. The foundation for developing improvement suggestions was also established in this phase. The literature review on model development emphasizes the importance of a model's credibility to its users. This principle was also applied in the analysis of the pedestrian simulator.

Further, an analysis study of the pedestrian simulator was conducted by building models and experimenting with them. Quantitative investigations of the models were performed to assess whether the pedestrian simulator provides realistic simulations. In this part of the thesis, it was concluded that the pedestrian simulator appears to have weaknesses related to when pedestrians become visible to vehicles. This leads to a relatively large number of conflicts that are perceived as unrealistic compared to reality. However, these studies did not indicate whether this affects the results produced by simulations in Aimsun Next or if it is merely a visual issue that appears as unnatural behavior to the observer studying the animation.

The final part involved developing an improvement proposal. This was conducted by creating a conceptual theoretical model aimed at making pedestrians visible to vehicles earlier. Real-world experiences were collected, and together with relevant theory, an influence area in the form of a semicircle with a radius of 3.8 meters, where pedestrians are visible to drivers, was developed. Threshold values were also determined for when a vehicle needs to react in order to brake in a realistic and preferably comfortable manner. The improvement proposal is considered the first step in an improvement process and is expected to undergo multiple rounds of validation, adjustment, and calibration before the model is ready to be tested in Aimsun Next. For further development of the model, larger quantities of more accurate data should be collected so that the model can be further refined and validated based on its performance in unregulated crosswalks in reality.

---

# Innhold

<b>Figurliste</b>	<b>vi</b>
<b>Tabelliste</b>	<b>viii</b>
<b>1 Introduksjon</b>	<b>1</b>
1.1 Bakgrunn . . . . .	1
1.2 Formål, problemstilling og forskningsspørsmål . . . . .	1
1.3 Oppgavens oppbygning . . . . .	2
<b>2 Teori</b>	<b>3</b>
2.1 Trafikkmodeller . . . . .	3
2.1.1 Generelt om trafikkmodeller . . . . .	3
2.1.2 Trafikkstrøm-modeller: Mikro, meso og makro. . . . .	5
2.1.3 Trafikkstrøm-modeller: Kalibrering og validering. . . . .	7
2.2 Aimsun Next . . . . .	8
2.2.1 Grunnleggende elementer i en modell . . . . .	9
2.2.2 Car-following . . . . .	9
2.2.3 Gap-Acceptance . . . . .	10
2.3 Pedestrian Simulator . . . . .	11
2.3.1 Generelle begreper . . . . .	11
2.3.2 Fotgjengeradferd: Social Force . . . . .	12
2.4 Kryssende trafikkstrømmer: Konflikter, samhandling og trafikantadferd . . . . .	12
2.4.1 Uregulerte kryss-teori . . . . .	12
2.4.2 Konflikt og konfliktsannsynlighet . . . . .	14
2.4.3 Trafikantadferd, samhandling og modellering av dette . . . . .	15
<b>3 Metode</b>	<b>17</b>
3.1 Modellbygging . . . . .	17
3.1.1 Modellbygging: Geometri og kryssløsninger . . . . .	17
3.1.2 Modellbygging: Valg av parametere . . . . .	20
3.2 Simulering og analyse av modeller . . . . .	23
3.2.1 Simulering . . . . .	23
3.2.2 Analyse av konflikter: Identifisering, kartlegging og dokumentering . . . . .	24
3.3 Dokumentasjonsnotat og dialog med Aimsun Next . . . . .	25
3.4 Utarbeiding av forbedringsforslag . . . . .	26

---

3.4.1	Teoretisk modell . . . . .	26
3.4.2	Feltobservasjoner . . . . .	30
<b>4</b>	<b>Resultat</b>	<b>34</b>
4.1	Analyse av modeller . . . . .	34
4.1.1	Telling av konflikter fra simulering . . . . .	34
4.1.2	Analyse av urealistiske konflikter . . . . .	35
4.1.3	Konflikter for gangfelt over to motgående kjørefelt . . . . .	39
4.1.4	Dialog med Aimsun . . . . .	42
4.2	Observasjoner fra virkeligheten . . . . .	42
4.3	Forbedringsforslag . . . . .	44
4.3.1	Forbedringsområde . . . . .	44
4.3.2	Modellens betingelser . . . . .	45
4.3.3	Modellering av influensområde og reaksjonssoner . . . . .	46
4.3.4	Påvirkningsmodellering . . . . .	49
4.3.5	Adferdsmodellering . . . . .	49
4.3.6	Forbedringsforslag . . . . .	50
<b>5</b>	<b>Diskusjon</b>	<b>52</b>
5.1	Analyse . . . . .	52
5.2	Forbedringsforslag . . . . .	53
<b>6</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>55</b>
<b>7</b>	<b>Videre arbeid</b>	<b>56</b>
	<b>Litteraturliste</b>	<b>57</b>
	<b>Vedlegg</b>	<b>59</b>

---

## Figurliste

1	Metodisk rammeverk for prosessen rundt modellbygging. . . . .	4
3	Overordnede generelle prinsipper for modellering av trafikk- og transportsystemer. . . . .	4
2	Konseptuelle prinsipper for trafikkmodellering . . . . .	5
4	Illustrasjon av de tre nivåene for trafikkstrøm-modeller. . . . .	5
5	Flytskjema som viser metodikken til en valideringsprosess av simuleringsmodeller. . . . .	7
6	Illustrasjon av mikrosimuleringsprosess i Aimsun Next 22. . . . .	8
7	Reduksjon i sikkerhetsmargin ved økt ventetid for et kjøretøy. . . . .	11
8	Uregulert gangfelt med definert fotgjengerområde og fotgjengersentroider. Grønn er inngang, rød er utgang i OD-matrisen. . . . .	12
9	Illustrasjon av kryssende trafikkstrøm med forskjellig prioritet i uregulert kryss. . . . .	13
10	Illustrasjon av tidsluker. . . . .	15
11	Grunnmodell. Èn-felts vegstrekning med gangfelt i et fotgjengerareal. . . . .	17
12	Grunnmodell utvidet med fotgjengerstrøm fra begge sider. . . . .	18
13	Utvidelse av grunnmodell til to-felts vegstrekning med fotgjengerfelt. . . . .	18
14	Modell av T-kryss med kjørefelt i begge retninger. . . . .	19
15	Modell av X-kryss med kjørefelt i begge retninger. . . . .	19
16	Rundkjøring med tre armer. . . . .	20
17	Rundkjøring med fire armer. . . . .	20
18	Illustrasjon av kjørefeltbredde og gangfeltbredde. . . . .	21
19	Illustrasjon av analysesituasjon fra opptak gjort av simulering i Aimsun Next. . . . .	25
20	Illustrasjon av når influensområdet tilsvarer konfliktområdet. . . . .	26
21	Utvidet influensområde med lineær fordeling av påvirket andel kjøretøy. . . . .	27
22	Illustrasjon over teoretisk influensområde basert på Ligning 15 . . . . .	28
23	Illustrasjon av soner og grenseverdier for komfortabel, ukomfortabel og urealistisk retardsjon. . . . .	29
24	Eksempler på alternative geometriske utforminger av influensområdet. . . . .	30
25	Gangfelt i Stadsing Dahls gate markert med rød sirkel. . . . .	31
26	Gangfelt i Eidsvolls gate markert med rød sirkel. . . . .	31
27	Kameraplassering og målt avstand. . . . .	32
28	Bevegelsesmønster foran gangfelt. . . . .	33
29	Andel av forskjellige urealistiske konflikttyper i prosent. . . . .	36
30	Fordeling av urealistiske konflikttyper for én-felts og to-felts modell med trafikkkombinasjon 5. . . . .	37
31	Illustrasjon av simulering av modell med to-felts vegseksjon og fotgjengerstrøm i én retning . . . . .	39

---

32	Før kjøretøy reagerer på fotgjenger. . . . .	40
33	Etter kjøretøy reagerer på fotgjenger. . . . .	41
34	Etter at kollisjon oppsto. . . . .	41
35	Soneinndeling for loggføring av fotgjenger sin plassering ved registrert kjøretøyretardasjon. . . . .	43
36	Valgt geometrisk utforming på influensområdet. . . . .	47
37	Grenser og intervaller for reaksjonsoner. . . . .	48
38	Grenser og intervaller for reaksjonsoner inkludert sikkerhetsmargin, $SM$ . . . . .	48
39	Illustrasjon og forklaring av grenseverdier. . . . .	48
40	Illustrasjon av konseptuell modell for én-felts vegseksjon og gangfelt med fartsgrense $40\text{ km/t}$ . . . . .	50
41	Illustrasjon av influensområde ved kryssing fra motsatt side. . . . .	51
42	Utdrag fra presentasjon av A. Kjosavik . . . . .	77

---

## Tabelliste

1	Valgte verdier for fartsgrense, kjørefeltbredde og gangfeltbredde. . . . .	21
2	Sannsynlighet for konflikt mellom et tilfeldig kjøretøy og ulike fotgjengerstrømmer. . . . .	22
3	Sannsynlighet for konflikt mellom et tilfeldig kjøretøy og ulike fotgjengerstrømmer som funksjon av tidsluker . . . . .	22
4	Sannsynlighet for at et minimum antall kjøretøy tilsvarende 10% av laveste trafikkstrøm opplever konflikt. . . . .	22
5	Trafikkmengder for grunnmodell . . . . .	23
6	Kombinasjoner av ulike trafikkstrømmer som gir forskjellige trafikktilstander. . . . .	23
7	Oppsummering av parameter som påvirker influensområdet. . . . .	29
8	Oppsummering av egenskaper for de to alternativene til lokasjon. . . . .	32
9	Avstand fra kamera til start av gangfelt. . . . .	32
10	Antall realistiske og urealistiske konflikter for simuleringer av grunnmodell. . . . .	34
11	Antall realistiske og urealistiske konflikter for simuleringer av utvidet grunnmodell. . . . .	34
12	Oppsummering av talte konflikter. . . . .	35
13	Talte konflikter og fordeling av disse for utvidelse av grunnmodell med to motgående kjørefelt og trafikkombinasjon. . . . .	35
14	Fordeling av urealistiske konflikttyper ved simulering av grunnmodell (trafikkkombinasjoner 1-6). . . . .	36
15	Konflikttyper for én-felts og to-felts vegseksjon med kryssende fra én side. . . . .	36
16	Avstand til nullpunkt på gangfelt for fotgjenger. . . . .	37
17	Fordeling av avstand til gangfelt for kjøretøy ved urealistisk konflikt. . . . .	38
18	Fordeling av konflikter etter akselerasjons-/retardasjonsverdier. . . . .	38
19	Fordeling av fotgjengersplassering iht. soner når kjøretøyenes retardasjon ble registrert. . . . .	43
20	Universelle parameter som gir modellens betingelser. . . . .	45
21	Bregnede $t$ -verdier for ulike hastigheter og retardasjon lik -2, med påfølgende stopplengde, $x_s$ . . . . .	45
22	Bregnede $t$ -verdier for ulike hastigheter og retardasjon lik -4, med påfølgende stopplengde, $x_s$ . . . . .	45
23	Bregnede $t$ -verdier for ulike hastigheter og retardasjon lik -8, med påfølgende stopplengde, $x_s$ . . . . .	46
24	Sammenligning av stopplengder $x_{s,-8}$ og $L_s$ for kontroll. . . . .	46
25	Reaksjons-, bremse- og stopplengder for grenseverdiene for retardasjon. . . . .	47



---

# 1 Introduksjon

## 1.1 Bakgrunn

Bakgrunnen for denne masteroppgaven er at *nullvekstmålet*, som sier at all vekst i persontransport skal tas av kollektivtrafikk, syklende og gående (Miljødirektoratet 2021), er forventet å kunne gi en økning av myke trafikanter. Da spesielt i og rundt byene i Norge. En slik endring vil på sikt potensielt ha stor påvirkning på trafikknnettverk, trafikkavvikling og transportinfrastruktur. For å forutse og håndtere påvirkningen og konsekvensene fra en slik utvikling er det nyttig å kunne gjøre og analysere resultatene fra trafikksimuleringer.

Et mye brukt og annerkjent verktøy for simulering av trafikk er **Aimsun Next**. Programmet gir mulighet til å modellere og simulere dagens og fremtidige trafikksituasjoner på flere ulike detaljnivå. For å kunne gjøre gode analyser og finne smarte løsninger ønsker man så realistiske beskrivelser som ligger så nært opp til virkeligheten som mulig. Selv om ingen modeller er perfekte gjengivelser av det man prøver å beskrive, er det viktig at modellens mangler ikke blir for store, slik at man kan stole på resultatene man får gjennom simulering. I forbindelse med masteroppgavens forprosjekt høsten 2022, deltok forfatteren på et Aimsun Next brukermøte i regi av Statens Vegvesen på Gardermoen. Gjennom samtaler med flere i det norske brukermiljøet til Aimsun Next ble det antydnet at det finnes flere mulige svakheter og usikkerheter rundt simulering som inkluderer fotgjengermodellering. Det er per nå ingen standard praksis for fotgjengermodellering og at det derfor kan variere en del hvordan brukere modellerer fotgjengere i dag. Dermed vet man sannsynligvis lite om hvilke eventuelle utslag dette har.

For å gjøre det enklere å modellere fotgjengeradferd lanserte Aimsun i 2020 en fotgjengersimulator, **Pedestrian Simulator**, som kan benyttes på mikrosimuleringsnivå i Aimsun Next. Før dette har det vært vanlig å modellere fotgjengere som “små kjøretøy” med tilpassede parametere og egne veger. Et verktøy som kan gi enklere modellering og mer realistiske beskrivelser av fotgjengeradferd kan derfor være et nyttig tilskudd for trafikksimuleringer ved bruk av Aimsun Next. Det kan virke som at fotgjengersimulatoren til Aimsun har klare svakheter og usikkerheter. Våren 2021 skrev Anders Lie-Nielsen en masteroppgave ved NTNU som sammenlignet fotgjengersimulatoren med kjøretøysmodellen (Lie-Nielsen 2021). Erfaringer derfra viser at fotgjengersimulatoren har svakheter, da spesielt med tanke på når fotgjengere er synlige for kjøretøyene. Å se næyere på dette nevnes som et forslag til videre arbeid, men det har siden blitt gjort lite på dette området. Synlighetsproblematikken er også noe flere i brukermiljøet har lagt merke til (Kjosavik 2022), som igjen har ført til at mange fortsatt velger å benytte kjøretøysmodellen. Fra dette er det rimelig å anta at modellering og simulering av fotgjenger i fotgjengersimulatoren i Aimsun Next kan ha et forbedringspotensiale. Dette er interessant å se nærmere på, slik at man fremover kan få mer effektiv modellering med troverdige og realistiske resultater.

## 1.2 Formål, problemstilling og forsknings spørsmål

Formålet med denne masteroppgaven er å se på hvilke eventuelle mangler og svakheter fotgjengersimulatoren kan ha, og hvordan dette kan forbedres for å gi en mer realistisk fotgjengermodell ved bruk av Aimsun Next. Masteroppgaven vil ikke avdekke alle svakheter, ei heller finne forslag til forbedringer på alle svakheter. Målet er å bidra til å gjøre fotgjengersimulatoren mer realistisk når man beskriver interaksjon og konflikter mellom fotgjengere og kjøretøy.

For å klart definere hva oppgaven skal se på og avgrense oppgavens omfang, så er det nødvendig å ta utgangspunkt i en problemstilling som beskriver kjernen i oppgaven. Den valgte problemstillingen er:

Gir fotgjengermodellen i **Pedestrian Simulator** realistisk simulering av konflikter mellom gående og kjørende i gangfelt i Aimsun Next?

For å svare på denne problemstillingen skal oppgaven forsøke å svare på følgende forsknings spørsmål:

- 
- Har fotgjengersimulatoren svakheter som gjør simuleringer urealistiske? Hvis ja, hvor stort er omfanget?
  - Hvilke svakheter eller utfordringer har modellen når den simulerer konflikter i gangfelt?
  - Hva er årsaken til at slike svakheter eller utfordringer eventuelt oppstår?
  - Hvordan kan fotgjengermodellen i Aimsun Next forbedres slik at simuleringer gir en bedre og mer realistisk beskrivelse av konflikter i gangfelt?

### 1.3 Oppgavens oppbygning

Arbeidet med å svare på masteroppgavens problemstilling og forskningsspørsmål ble delt inn i tre deler:

- En litteraturstudie som ser på aktuell teori og forskning med tanke på utvikling av trafikkmodeller og har som mål om å gi innsikt nok til å vurdere dagens fotgjengermodell og fotgjengersimulator. Dette danner også grunnlaget for å kunne utarbeide forbedringsforslag i form av en konseptuell teoretisk modell.
- En analysestudie av fotgjengermodellen og fotgjengersimulatoren i Aimsun Next. Gjennom bruk av eksperimentell og kvantitative metoder undersøkes problemstillingen nevnt i Kapittel 1.2. Dette innebærer bygging og simuleringer av modeller, innhenting og loggføring av data, statistisk analyse og feltobservasjoner for empiriske data.
- Utvikling av et forbedringsforslag ved å lage en konseptuell teoretisk modell basert på teori, forskning og resultater fra analysene som ble gjort.

Det ble høsten 2022 gjennomført en prosjektoppgave som et forprosjekt til masteroppgaven. Deler av litteraturstudiet, metode og resultater derfra er derfor tatt med videre inn i denne masteroppgaven (Felldal 2022). Dette gjelder i hovedsak Kapittel 2 og 3. Litteraturstudiet presenteres i Kapittel 2, og anvendes gjennom Kapittel 3 til 5. Analysen av fotgjengersimulatoren fremgangsmåte resultater og vurderinger, samt utvikling av forbedringsforslag er presentert i sin helhet i Kapittel 3 til 5. Det bør også nevnes at det til tider har vært glidende overganger og sammenflettinger mellom ulike deler av arbeidet, men at de ulike delene er presentert der i oppgaven hvor de i utgangspunktet naturlig hører hjemme.

---

## 2 Teori

I dette kapittelet presenteres relevant teori og forskning for å kunne svare på masteroppgavens problemstilling og forskningsspørsmål. Sentrale temaer for kapittelet er forståelse og utvikling av trafikkmodeller, bruk av Aimsun Next, trafikkavviklingsteori og trafikantadferd.

Innhenting av litteratur ble påbegynt under arbeidet med prosjektoppgaven, og fullført under arbeidet med denne masteroppgaven. Relevante kilder, søkeord, samt anbefalinger fra veileder Arvid Aakre ble brukt i prosessen. Eksempler på relevante søkeord var “*traffic modelling*”, “*pedestrian behavior AND (modeling OR unsignalized crosswalk)*” og “*Aimsun + pedestrian (modeling OR simulation)*”. Forfatteren brukte søkedatabasene *Oria*, *Scopus* og *Google Scholar* i til dette. Kildenes troverdighet ble vurdert (etter f.eks fagfelle vurdering, anerkjente lærebøker etc.), samt relevans opp mot problemstilling og forskningsspørsmål.

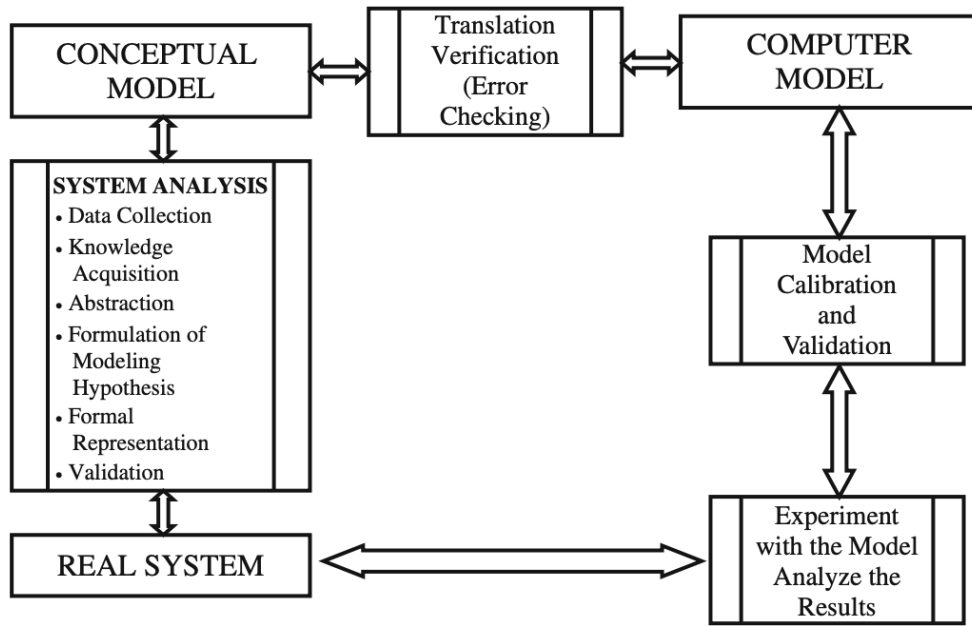
### 2.1 Trafikkmodeller

En modell er naturtro etterligning av noe, ofte i en mindre målestokk enn originalen (Store norske leksikon 2021), og kan være en matematisk modell, en virtuell etterligning eller en simulering (Akademisk ordbok 2022). En metodisk tilnærming for å studere komplekse fenomener er å betrakte et system som en helhet, som så kan studeres vitenskapelig gjennom en modell (J. Barceló 2010). I dette delkapittelet presenteres teori relevant for å forstå hvordan trafikkmodeller er bygget opp og fungerer.

#### 2.1.1 Generelt om trafikkmodeller

Systemet som skal undersøkes og modelleres i denne sammenhengen er et trafikksystem. For å beskrive og forutse trafikk på en god måte, så benyttes observasjoner fra virkeligheten til å utvikle teorier og modeller av trafikkflyt, som kan brukes til å simulere og analysere trafikkavvikling i nettverk (Kessels 2019). Man ønsker at en slik modell skal kunne beskrive hvordan et trafikksystem fungerer, samt endrer og oppfører seg over tid, på en objektiv og realistisk måte. For å bygge en modell må man først tilegne seg kunnskap om systemet (J. Barceló 2010). Når man modellerer trafikkflyt vil dette typisk være observasjoner som gjøres om til teori i det som kalles *modelleringssyklusen* (Kessels 2019) Deretter kan man gjøre om dette til antagelser om hvordan systemet fungerer, antagelser som vanligvis finner sted eller en matematisk/logisk modell (J. Barceló 2010). En beskrivelse av systemet identifiserer og beskriver de relevante komponentene som systemet består av, som aktiviteter som foregår, betingelser, relasjoner mellom delkomponenter, inputdata fra omgivelsene og hvilke output man får fra systemet (J. Barceló 2010). Målet med en slik analyse av systemet er å tilegne seg nok kunnskap til å kunne formulere en hypotese om hvordan systemet fungerer og karakterisere de forskjellige enhetenes i systemet sine egenskaper, interaksjoner og relasjoner. Dette kan så tas videre til en innledende beskrivelse av systemet. Man snakker da om en *konseptuell modell* (J. Barceló 2010). Slike modeller er ikke feilfrie og må verifiseres og feilsjekkes før man kan videreføre og representere den konseptuelle modellen matematisk eller logisk på en slik måte at det kan bli oversatt til en *datamodel* (J. Barceló 2010). Det metodiske rammeverket i å bygge opp en modell beskrevet av Barceló (2010) er vist i Figur 1. Her vises stegene fra analyse av systemet, til konseptuell metode, videre via verifisering før datamodel og frem til kalibrering og validering av modellen. Til slutt kan man eksperimentere med, og analysere resultater fra modellen (J. Barceló 2010). Et slikt rammeverk er også overførbart til trafikkmodeller. Enkelt forklart kan man dele inn trafikkmodeller etter transportsystemet (infrastrukturen og ressursene) og brukere med behov for å benytte systemet ut fra egne preferanser (reisende). En skisse av en konseptuell transportmodell og dets komponenter er vist i Figur 2.

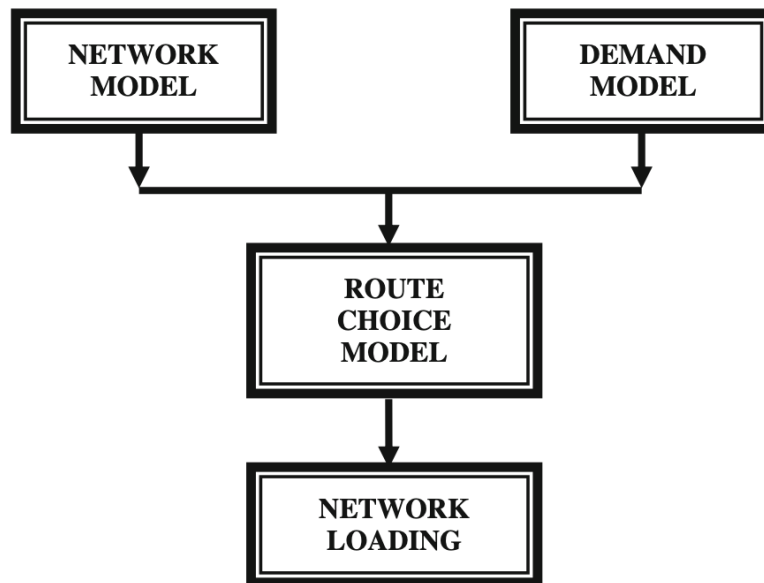
Venstre side av Figur 2 er de reisende, altså de ulike trafikantene, sitt perspektiv og illustrerer prinsippet for å modellere hvordan de reisende tar avgjørelser. Dette gir en etterspørsel etter transportsystemet, vanligvis modellert ved OD-matriser. Høyre side av Figur 2 er transportsystemet og dets komponenter. Her modelleres detaljer som nettverkets geometri, trafikkregulering etc og skal gjengi hva systemet kan tilby de reisende. Eller sagt på en annen måte: Kapasiteten til



Figur 1: Metodisk rammeverk for prosessen rundt modellbygging.

Kilde: J. Barceló 2010, Kap 1.2, Figur 1.1.

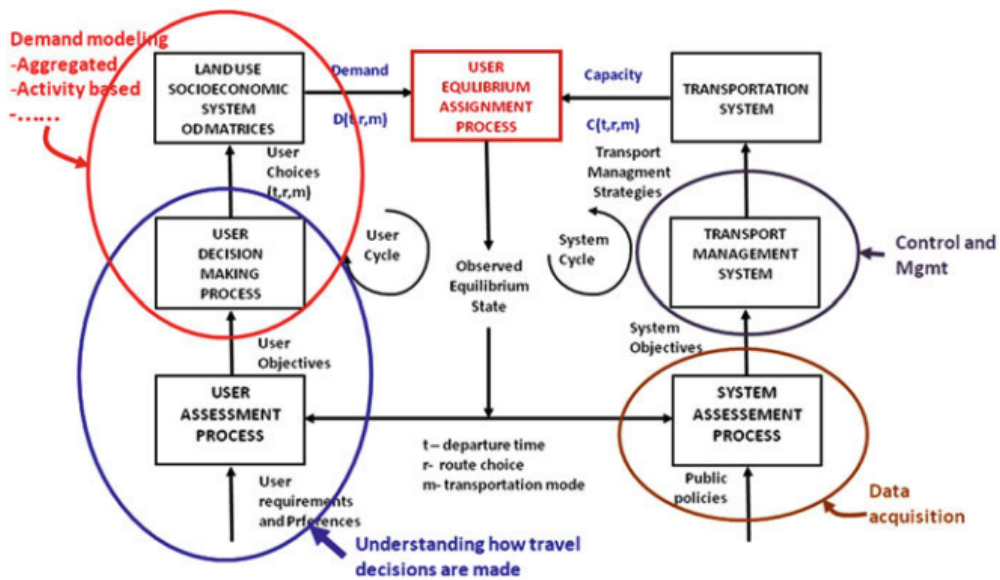
systemet. Fra kapasitet og etterspørsel kan man gå videre for å modellere en viktig komponent i en trafikk- og transportmodell - rutevalg (J. Barceló 2010). De generelle prinsippene for modellering av trafikk og transport er forklart i Figur 3.



Figur 3: Overordnede generelle prinsipper for modellering av trafikk- og transportsystemer.

Kilde: J. Barceló 2010, Kap 1.2, Figur 1.6.

Videre kan man se på etterspørsel og kapasitet som tidsavhengig og slik at trafikkstrømmer og rutevalg i et nettverk kan beskrives dynamisk, altså hvordan de varierer og endrer seg over tid. Man snakker da om dynamiske trafikkmodeller. Hensikten bak å modellere dynamiske trafikkstrømmer er å kunne simulere den midlertidige forplantningen som skjer i et nettverk (J. Barceló 2010).



Figur 2: Konseptuelle prinsipper for trafikmodellering

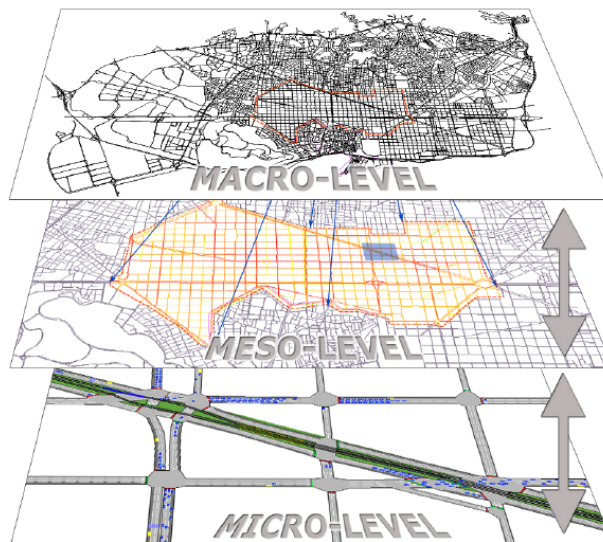
Kilde: J. Barceló 2010, Kap 1.2, Figur 1.2.

### 2.1.2 Trafikkstrøm-modeller: Mikro, meso og makro.

Trafikkstrømmer kan modelleres ut i fra hvilket behov man har med tanke på detaljnivå i simuleringene. Det finnes tre forskjellige detaljnivåer på modeller og simuleringer. Disse er:

- Mikroskopiske modeller.
- Mesoskopiske modeller.
- Makroskopiske modeller.

En illustrasjon av de ulike nivåene er vist i Figur 4.



Figur 4: Illustrasjon av de tre nivåene for trafikstrøm-modeller.

Kilde: Barceló mfl. 2005

**Mikroskopiske** modeller har det høyeste detaljnivået av de tre forskjellige typene modeller. Mikroskopiske modeller er ofte ansett som de mest intuitive modellene, siden man her ser på individuelle kjøretøy og førere, og deres forflytning gjennom tid og rom (Kessels 2019). Dermed blir det også mulig å beskrive et kjøretøys og enkeltførere sin respons til omgivelsene, altså samhandlingen og interaksjonen mellom trafikantene (J. Barceló 2010), men også infrastruktur (Elefteriadou 2014). Dette betyr at man modellerer trafikantens ulike handlinger, som akselerasjon, retardasjon og endring av kjørefelt (J. Barceló 2010). Dette gjør det mulig å beskrive hvordan biler følger etter hverandre i en kø, eller å analysere konflikten mellom en fotgjenger og en bil i en overgang. Simulering med mikroskopisk modell er derfor godt egnet til å se på konflikter mellom gående og kjørende i gangfelt. Det er for mikrosimuleringer fotgjengersimulatoren til Aimsun Next benyttes.

I følge Barceló (2010) ble det på slutten av 1950-tallet utviklet en sammenheng mellom makro- og mikro teori for trafikkstrømmer av General Motors Group (GM). Dette førte til en formulering av det som kalles **car-following**-modeller, og er en stimulus-respons relasjon. Grunnlaget for modellene GM utviklet var:

$$\text{Respons}(t + T) = \text{Sensitivitet} \times \text{Stimulus}(t) \quad (1)$$

Det er flere modeller som kan beskrive hvordan biler følger hverandre, og disse varierer i følge Barceló etter hvilke svar man ønsker på følgende spørsmål:

- Hva er årsaken til førerens respons?
- Hvilken påvirkning reagerer føreren på og hvordan måler man førerens sensitivitet?

Alle GM-modeller kan uttrykkes gjennom den generelle GM-modellen (GHR-modellen) i Ligning 2 og er et eksempel på hvordan ulike beskrivelser av sensitivitet gir varierte modeller.

$$\ddot{X}(t + \Delta t) = \frac{\alpha_{l,m} \cdot [\dot{X}_{n+1}(t)]^m}{[X_n(t) - L_n - X_{n+1}(t)]^l} \cdot [\dot{X}_n(t) - \dot{X}_{n+1}(t)] \quad (2)$$

Her er

- $\frac{\alpha_{l,m} \cdot [\dot{X}_{n+1}(t)]^m}{[X_n(t) - L_n - X_{n+1}(t)]^l}$  en beskrivelse av førers sensitivitet.
- $[\dot{X}_n(t) - \dot{X}_{n+1}(t)]$  en beskrivelse av stimulus.

hvor

- $l$  er avstandsekspONENT
- $m$  er hastighetsekspONENT
- $\alpha_{l,m}$  er en konstant som bestemmes av  $l$  og  $m$
- $[\dot{X}_{n+1}(t)]^m$  er hastigheten til den etterfølgende bilen
- $[X_n(t) - X_{n+1}(t)]^l$  er avstandsluken (front-front) mellom bilene

Siden oppgaven retter seg inn mot fotgjengere og deres interaksjon med enkeltkjøretøy, er det mikroskopiske modeller som er mest relevant med tanke på problemstillingen. Det vil likevel kort gjøres rede for både makro- og mesoskopiske modeller, da en generell forståelse av disse er nyttig med tanke på at Aimsun Next kan brukes til å modellere makro-, meso- og mikromodeller ved behov.

**Makroskopiske** modeller har det laveste detaljnivået. Slike modeller er basert på kontinuerlig trafikkstrømteori og skal beskrive utvikling i tid og rom gjennom makroskopiske variabler som volum, hastighet og tetthet (J. Barceló 2010). Trafikantene representeres av en gjennomsnittlig adferd, da det ikke er enkeltkjøretøy som modelleres, men grupper av kjøretøy (Elefteriadou 2014).

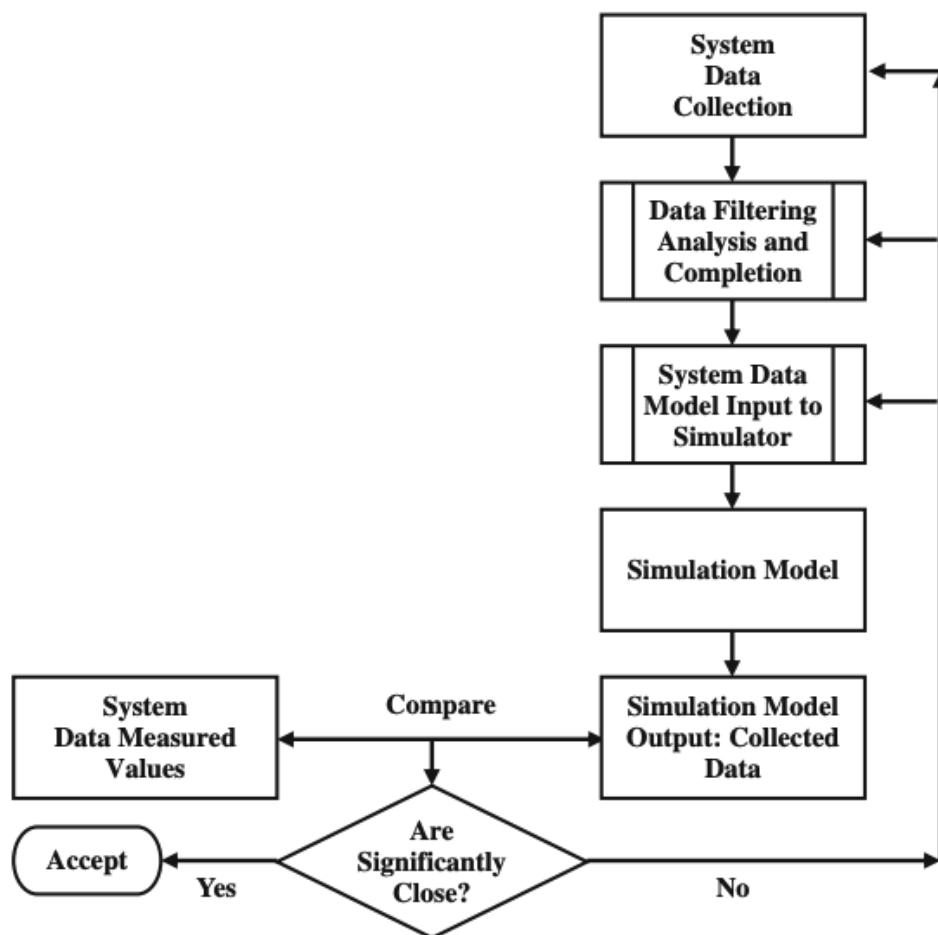
---

Fordelen med makroskopiske modeller er at de er relativt enkle å bruke. Modellene kan være basert på både lineær, logaritmisk eller eksponentiell sammenheng (A. Aakre 2022d).

**Mesoskopiske** modeller av trafikkstrømmer består oftest av forenklinger, med hensikt om å fange opp det mest essensielle av dynamikken, som gjør mengden data mindre og beregninger mer effektivt enn mikroskopiske modeller. Det er hovedsaklig to mulige tilnærminger for mesoskopisk simulering. Man kan se på grupper med kjøretøy, eller på trafikkstrømmer gjennom forenklet dynamikk av individuelle kjøretøy. Mesoskopiske tilnærminger har også forskjeller i hvordan de håndterer tid. De kan være tidsorientert basert på tidssteg  $\Delta t$  (simulation step) eller hendelsesbasert, altså at tilstanden i modellen endrer seg når ulike hendelser inntreffer (J. Barceló 2010).

### 2.1.3 Trafikkstrøm-modeller: Kalibrering og validering.

Simulering er en måte å eksperimentere med et dynamisk system fra virkeligheten ved at en data-modell representerer systemet (J. Barceló 2010). For at man skal kunne bruke en modell som et alternativ til det faktiske systemet så er det behov for at simuleringmodellen er pålitelig og en god representasjon av systemet som modelleres. Når man snakker om **validering**, så ser man på selve prosessen og innsikten for å avgjøre hvorvidt modellen er nøyaktig nok til å benyttes for det aktuelle formål. Det er en gjentakende og langsgående prosess hvor parametere justeres og endres, modell sammenlignes med virkeligheten og eventuelle avvik mellom disse forbedres inntil simuleringens nøyaktighet vurderes som akseptabel. **Kalibrering** er derfor prosessen med å finne de verdiene til de ulike parameterene som gir en god nok, eller validert, modell. Et flytskjema som viser metodisk hvordan man validerer simuleringmodeller er vist i Figur 5.



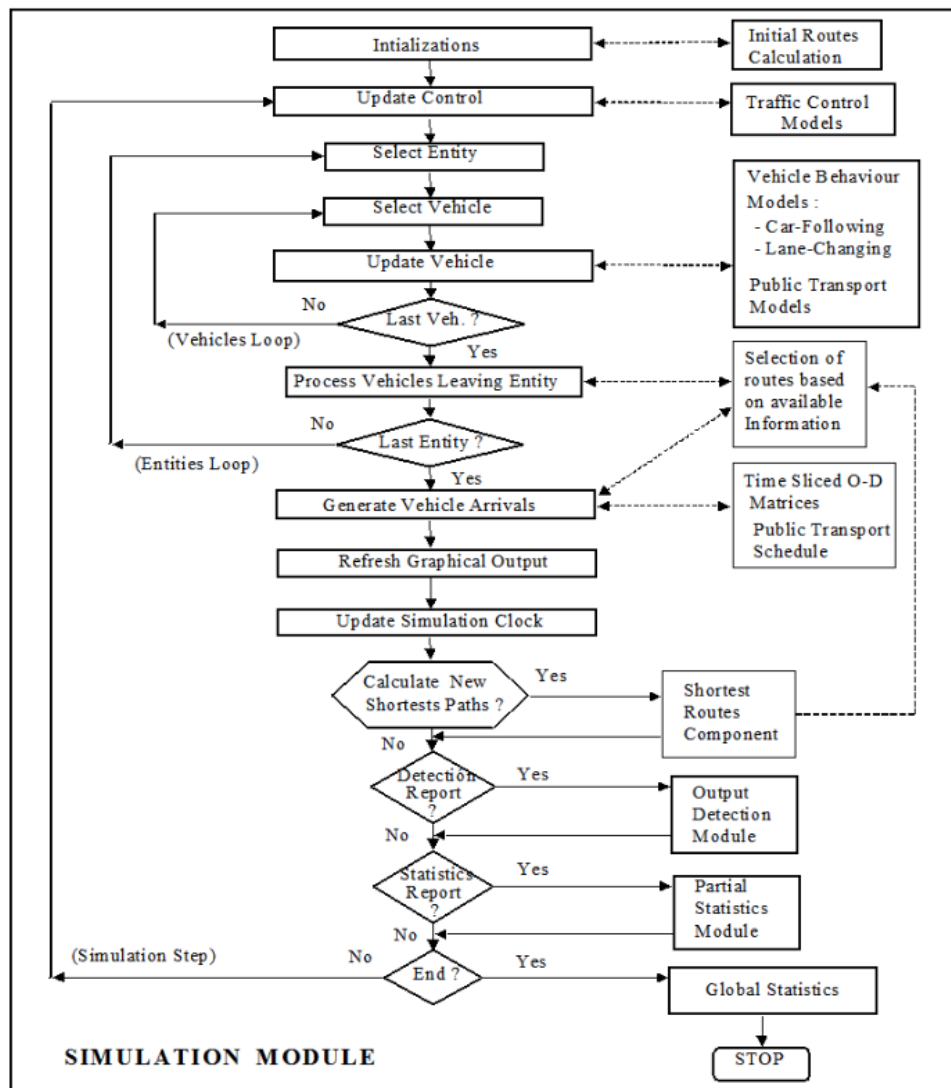
Figur 5: Flytskjema som viser metodikken til en valideringsprosess av simuleringmodeller.

Kilde: J. Barceló 2010, Kap 1.6, Figur 1.14.

## 2.2 Aimsun Next

Helt sentralt for denne masteroppgaven er modellering- og simuleringsprogrammet Aimsun Next. Siden formålet med oppgaven er å undersøke om Aimsun sin modell for fotgjengersimulering gir realistiske beskrivelser av konflikter mellom gående og kjørende, vil dette delkapittelet se på det mest grunnleggende rundt Aimsun Next, men vil også se mer detaljert på fotgjengermodellen og fotgjengersimulatoren *Pedestrian Simulator*.

Aimsun Next 22.0.5 er siste utgave (april 2023) av Aimsun sitt modelleringsprogram for mobilitetsimuleringer. Aimsun Next kan benyttes til å modellere, simulere og analysere trafikkavvikling på ulike detaljnivå. De tre ulike detaljnivåene, som nevnt i forrige kapittel, er makro-, meso- og mikrosimulering (Aimsun 2022c). Det er også mulighet for hybridmodeller av typen makro-meso eller meso-mikro. Når fotgjengere skal modelleres og simuleres ved bruk av fotgjengersimulatoren foregår dette på mikronivå (Aimsun 2022d). En simuleringsprosess for mikrosimulering ved bruk av OD-matriser i Aimsun Next er vist i Figur 6. Det er flere modeller og prosesser som ligger bak det å modellere bevegelse av kjøretøy når man gjør en mikrosimulering i Aimsun Next. Derfor vil kun det mest grunnleggende eller mest relevante knyttet til masteroppgavens problemstilling bli presentert i dette kapittelet.



Figur 6: Illustrasjon av mikrosimuleringsprosess i Aimsun Next 22.

Kilde: Aimsun 2022b



---

### 2.2.1 Grunnleggende elementer i en modell

Aimsun Next kan benyttes til å lage helt enkle modeller av for eksempel en kryssløsning, eller mer kompliserte trafikknnettverk som kombinerer vegtyper, forskjellige kryss, områder, trafikantgrupper eller trafikktilstander. Felles for både relativt enkle og komplekse modeller er at de er bygget opp av de samme grunnleggende elementene. Disse er beskrevet under:

**Vegseksjoner (Road Sections)** er en helt grunnleggende byggestein i alle Aimsun Next-modeller med trafikknnettverk. Seksjoner kan utformes og plasseres slik man ønsker med tanke på lengde, start- og slutt punkt, kurvatur og antall kjørefelt. Man kan også tilegne forskjellige seksjoner ulike egenskaper som f.eks fartsgrense, kjørefeltbredde og kapasitet. Vegseksjoner blir tilknyttet ulike vegtyper (Road Types) og felttyper (Lane Types) som beskriver ulike veg og felt med tilhørende egenskaper (Aimsun 2022e).

**Noder (Nodes)** er bindeleddet mellom vegseksjoner slik at kjøretøy kan bevege seg fra en seksjon til en annen. Noder har et eller flere inngangs- og utgangspunkter, og inneholder informasjon om hvordan kjøretøy skal oppføre seg når de beveger seg fra en vegseksjon til en annen. Dette muliggjør å modellere kryssløsninger hvor man kan bestemme prioritet, sette stopplinjer, bruk av lyssignaler og svinghastigheter (Aimsun 2022e).

**Sentroider (Centroids)** er punkter som introduserer trafikkkstrømmer inn og ut av forskjellige soner når man benytter seg av OD-matriser som genererer etterspørsel og attraksjon til og fra de ulike sentroidene i Aimsun Next. En sentroide kan være knyttet til et eller flere punkter, og kan kobles på seksjoner og noder, samt stopp og stasjoner for kollektivtransport. Alternativt til bruken av sentroider og OD-matriser er “*Traffic States*” der ulike seksjoner tilegnes trafikkkstrømmer (Aimsun 2022e).

**Kjøretøytyper (Vehicle Types)** er klassifisering av ulike kjøretøy sine sett med fysiske egenskaper og førere som har likt adferdsmønster i trafikken, og benyttes i en mikrosimuleringsprosess for å modellere ulike kjøretøy og oppførsel. Man kan benytte Aimsun sine predefinerte verdier for ulike kjøretøytyper, eller man kan endre og lage egne kjøretøytyper med ønskede egenskaper. Ulike kjøretøytyper kan legges inn i forskjellige *kjøretøyklasser (vehicle class)* som benyttes når man ønsker å gi spesielle grupper egne tillatelser i utvalgte kjørefelt (Aimsun 2022e).

**View Modes og View Styles** benyttes til å analysere data fra modellen under selve simuleringen. Dette kan være belastningen på en vegseksjon i form av trafikkvolum eller enkeltkjøretøys fart eller akselerasjon. Man kan benytte predefinerte View Modes og Styles, eller man kan endre eller lage sine egne etter behov (Aimsun 2022e).

### 2.2.2 Car-following

En av flere adferdsmodeller i Aimsun Next er **car-following**-modell og er basert på på Gipps sin modell fra 1981 (Aimsun 2022e). Aimsun sin modell har blitt utviklet til å inkludere parametere som er påvirket av og beskriver forskjellige “typer førere”, vegstrekningens egenskaper og påvirkning fra motgående kjørefelt etc. Modellen består av to komponenter, akselerasjon og retardasjon. Den første representerer en førers intensjon til å oppnå en ønsket hastighet, mens den andre kommer av påvirkning fra kjøretøyet foran som setter begrensninger for å oppnå ønsket hastighet, henholdsvis ligning 3 og 4.

$$V_a(n, t + dt) = V(n, t) + 2.5a(n)dt \left( 1 - \frac{V(n, t)}{V^*(n)} \right) \sqrt{0.025 + \frac{V(n, t)}{V^*(n)}} \quad (3)$$

$$V_b(n, t + T) = d(n)T + \sqrt{d(n)^2 T^2 - d(n) \left[ 2(x(n-1, t) - s(n-1) - x(n, t)) - V(n, t)T - \frac{V(n-1, t)^2}{d'(n-1)} \right]} \quad (4)$$

---

hvor for ligning 3

- $V(n, t)$  er kjøretøyet  $n$  sin hastighet i tidspunkt  $t$
- $V^*(n)$  er ønsket hastighet for kjøretøy  $n$
- $a(n)$  er maksimal akselerasjon for kjøretøy  $n$
- $dt$  er simuleringssyklus

og for ligning 4

- $d(n) (< 0)$  er maksimal retardasjon foretrukket av kjøretøy  $n$
- $x(n, t)$  er kjøretøy  $n$  sin posisjon i tidspunkt  $t$
- $x(n - 1, t)$  er foregående kjøretøy  $n - 1$  sin posisjon på tidspunktet  $t$
- $s(n - 1)$  er effektiv lengde av kjøretøy  $n - 1$
- $d'(n - 1)$  er et estimat av kjøretøy  $n - 1$  sin foretrukne retardasjon
- $T$  er reaksjonstid

Hastigheten til kjøretøy  $n$  i løpet av tidsintervallet  $(t, t + dt)$  blir dermed

$$V(n, t + dt) = \min\{V_a(n, t + dt), V_b(n, t + dt)\} \quad (5)$$

Posisjonen til de kjøretøyene i modellen oppdateres forskjellig for akselerasjon og retardasjon. For akselerasjon har man

$$x(n, t + T) = x(n, t) + V(n, t + T) \cdot T \quad (6)$$

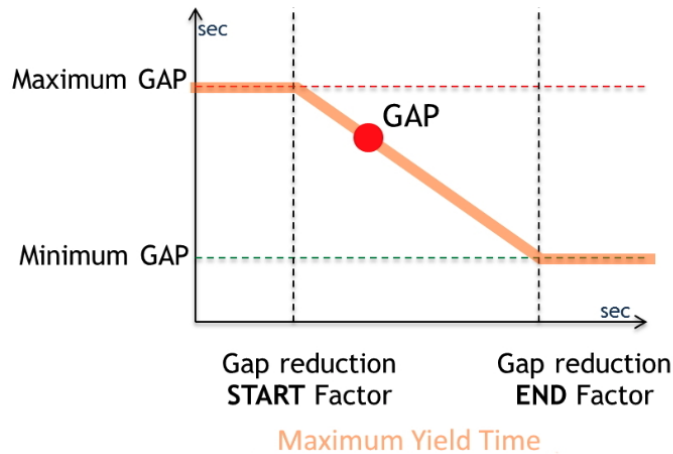
og for retardasjon

$$x(n, t + T) = x(n, t) + 0.5(V(n, t) + V(n, t + T)) \cdot T \quad (7)$$

### 2.2.3 Gap-Acceptance

Modellen som brukes for å modellere vikende adferd hos kjøretøy kalles **gap-acceptance** (Aimsun 2022e). Når et kjøretøy nærmer seg et kryss må føreren avgjøre om man kan krysse eller må vike for kjøretøy med høyere prioritet enn en selv. Modellen vurderer avstanden fra bilene til et hypotetisk konfliktpunkt, så kjøretøyenes hastighet og akselerasjonsrate, og bestemmer deretter om det vikende kjøretøyet vil ankomme punktet før det med høyere prioritet. Om dette skjer så kjører det gjennom krysset, men hvis ikke beregnes det om kjøretøyet med prioritet har forlatt “kollisjonspunktet” før det vikende kjøretøyet ankommer. Siden det ofte kan komme en strøm av kjøretøy med høyere prioritet, så kjører modellen algoritmen på nytt for det neste prioriterte kjøretøyet inntil en akseptabel luke finnes. Tidsluken som er nødvendig for klare manøveren gjennom krysset har en sikkerhetsmargin, men denne marginen vil bli mindre jo lenger et kjøretøy må vente. Dette er for å simulere at økt ventetid gir en mer aggressiv adferd hos førere (Aimsun 2022e). En illustrasjon av hvordan en slik sikkerhetsmargin reduseres med ventetid er vist i Figur 7

*Gap-acceptance*-modellen gjelder, ifølge Aimsun, kun for interaksjon mellom ulike kjøretøysklasser (Aimsun 2022a). Grunnen til at modellen er inkludert her, er at det kan bli aktuelt å se på om en lignende modell kan brukes som forbedring av hvordan bilister oppfører seg ovenfor fotgjengere når disse oppdages nært et gangfelt. Dette er fordi man som nevnt tidligere kan betrakte fotgjengere som krysser en overgang for en trafikkstrøm med høyere prioritet og overgangen som selve krysset. Dette er også en av årsakene for at den mye brukte kjøretøysmodellen fungerer, siden lukeaksept-modellen gjelder her.



Figur 7: Reduksjon i sikkerhetsmargin ved økt ventetid for et kjøretøy.

Kilde: Aimsun 2022e

## 2.3 Pedestrian Simulator

### 2.3.1 Generelle begreper

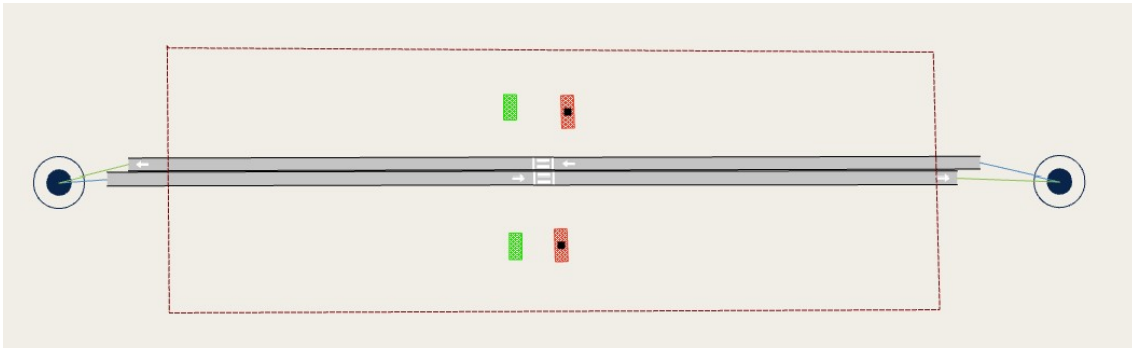
Når man skal benytte fotgjengersimulatoren i Aimsun, **Pedestrian Simulator**, er det flere begreper man må kjenne til. De mest relevante for denne oppgaven er presentert under:

**Pedestrian Types** er grupper med fotgjengere som har samme sett med egenskaper i modellen, og brukes for kunne representere forskjellige deler av en populasjon når de opptrer som fotgjengere. Man kan enten benytte Aimsun sin forhåndsdefinerte fotgjengertype eller man kan lage så mange forskjellige grupper man trenger. Det er flere parametere man kan endre på for å beskrive ulike egenskaper. Dette kan f.eks være gangfart, radius, akselerasjon eller aggressivitet hos en gruppe fotgjengere (Aimsun 2022d).

**Pedestrian Areas** brukes til å definere områder fotgjengere kan bevege seg innenfor. Dette gjøres ved å tegne opp et polygon som danner et område hvor fotgjengere kan oppholde og bevege seg i modellen. Man kan også definere områder i et slikt polygon hvor fotgjengere ikke kan oppholde seg, f.eks for å simulere en bygning eller hindring. Pedestrian Areas er kun tilgjengelig på mikronivå da dette benyttes til å modellere adferd for enkeltindivider (Aimsun 2022d).

**Pedestrian Crossings** (gangfelt) og **Crosswalk Areas** (overgangsområde) er områder hvor fotgjengere kan krysse en vegseksjon. Det er her interaksjonen og konfliktene mellom kjøretøy og fotgjengere simuleres. I uregulerte gangfelt eller overganger gis fotgjengere prioritet over kjøretøy i mikrosimulatoren. Forskjellen på de to er at *Pedestrian Crossings* er et gangfelt som fungerer som en forlengelse av kryss (node), mens *Crosswalk Areas* er et generalisert område innenfor et kryss som fotgjengere kan benytte for å krysse en veg. For gangfelt kan man justere bredden av feltet, samt en sikkerhetsmargin foran og bak som kjørtøyene må overholde ovenfor fotgjengere som går mot og bort fra kjøretøyet. Man kan også sette gangfeltet til å være en *Yellow-Box*, slik at kjøretøy ikke kan blokkere fotgjengere ved å bli stående i gangfeltet. Disse funksjonene er også kun tilgjengelig på mikronivå (Aimsun 2022d).

**Pedestrian Centroids** er der fotgjengere reiser fra og til (OD) og legger grunnlaget for strømmen av fotgjengere som skal simuleres i modellen. Man kan lage en eller flere innganger og utganger, og justere mengden fotgjengere i en OD-matrise for fotgjengere. Disse må plasseres innenfor et fotgjengerområde (Pedestrian Area), som ble forklart ovenfor (Aimsun 2022d). Et eksempel på en strekning som går igjennom et uregulert gangfelt, med et definert fotgjengerområde og fotgjenger-sentroider som startpunkter og sluttpunkter for gående er vist i Figur 8.



Figur 8: Uregulert gangfelt med definert fotgjengerområde og fotgjengersentroider. Grønn er inn-gang, rød er utgang i OD-matrisen.

### 2.3.2 Fotgjengeradferd: Social Force

For å forstå hvordan fotgjengere simuleres i fotgjengersimulatoren, kan man se på parameterene som påvirker adferden deres. Type-parameterene som man kan justere består av parametere fra *social-force*-modellen (SFM). SFM er en mye brukt modell innen simulering av fotgjengeradferd og ble først introdusert i 1995 av Helbing & Molnár. Her ble det vist at fotgjengeres bevegelse kan beskrives gjennom SFM hvor man beskriver en type indre motivasjon for en spesifikk fotgjengeradferd (Helbing og Molnar 1995). I fotgjengersimulatoren gis det også mulighet til å justere andre drivkraftparametere som *driving force* og *obstacle force*. Slik kan fotgjengeres bevegelser simuleres ut fra reaksjon knyttet til den enkelte fotgjenger sin indre motivasjon, reaksjon mot andre fotgjengere og reaksjon mot hindringer man møter på (Aimsun 2022d). I tillegg vil fotgjengere, når man simulerer bevegelse gjennom en OD-matrise, velge den korteste ruten mellom start- og slutt punkt med aktuelle vegger, gangfelt og hindringer som en del av vurderingsgrunnlaget (Aimsun 2022d).

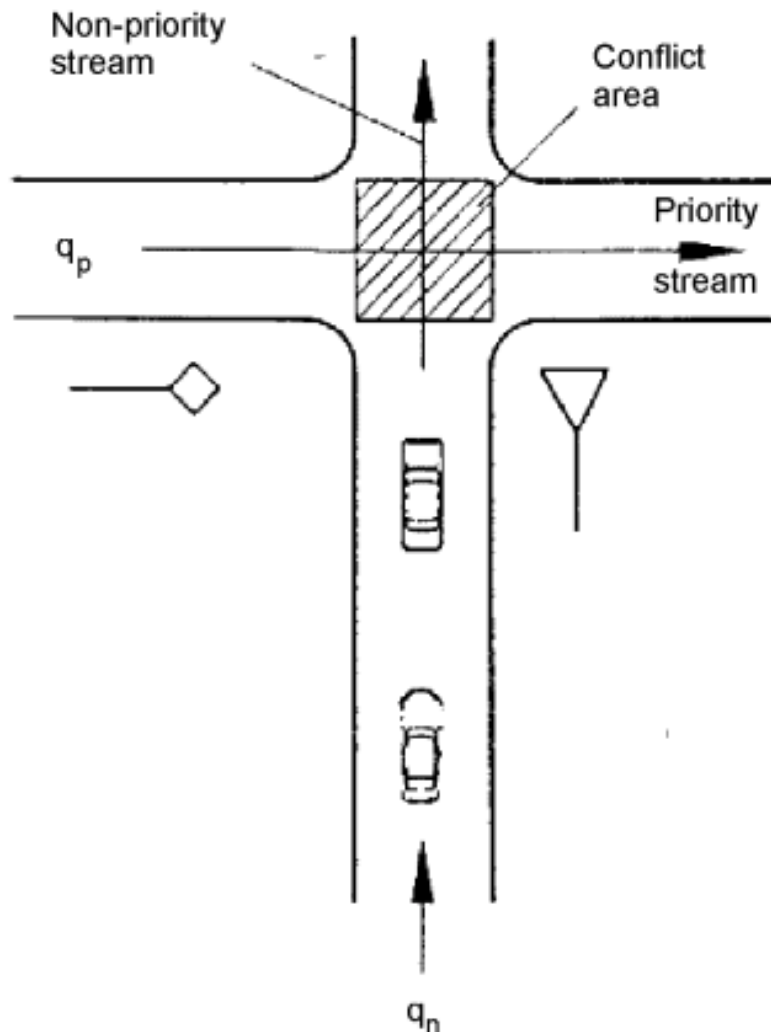
## 2.4 Kryssende trafikkstrømmer: Konflikter, samhandling og trafikantadferd

Som nevnt i Kapittel 2.3 skjer interaksjonen mellom fotgjengere og kjøretøy i Aimsun Next i enten et gangfelt eller et overgangsområde i et kryss. Dette skjer fordi to trafikkstrømmer krysser hverandre og skaper et definert konfliktområde. Dette er et nøkkelområde i masteroppgaven, for det er her konfliktene simuleres. Her vil viktige konsepter knyttet til uregulerte kryss presenteres, og vil knyttes opp til konfliktene som oppstår mellom kjøretøy og fotgjengere i en fotgjengerovergang.

### 2.4.1 Uregulerte kryss-teori

Uregulerte kryss er den vanligste typen kryss (Gartner mfl. 1997, s. 8). Påvirkningen på trafikken kan gå langt utenfor selve krysset om krysset er organisert på en måte som gir lav kvalitet på trafikkstrømmen. I regulerte kryss kontrollerer man trafikkstrømmene etter ønske og behov, slik at man kan gi prioritet der man ønsker. På denne måten kan man også i stor grad kontrollere konfliktene som kan oppstå og dermed også påvirkningen dette har på de involverte. I uregulerte kryss har en ulike trafikkstrømmer inn i krysset ulik prioritet. Dette kan ved store trafikkmengder gi uoversiktlige situasjoner og økt antall konflikter. Det er når to trafikkstrømmer krysses at konflikter mellom trafikanter fra de to strømmene vil kunne oppstå. Hvordan de involverte oppfører seg og hvordan de samhandler blir derfor viktig for resultatet av konflikten. For å overføre dette til konflikter mellom kjøretøy og fotgjengere, er det først nyttig å betrakte fotgjenger som en del av en fotgjenger-trafikkstrøm. Kjøretøyene på vegen (som fotgjengere krysser) er del av en annen trafikkstrøm. Da har man i det enkleste tilfelle en situasjon som vist i Figur 9. Her er  $q_n$  trafikkstrøm i ikke-prioritert retning og  $q_p$  trafikkstrøm i prioritert retning.

Figur 9 viser at **konfliktområdet** er det området hvor trafikkstrømmene overlapper og hvor



Figur 9: Illustrasjon av kryssende trafikkstrøm med forskjellig prioritet i uregulert kryss.

Kilde: Gartner mfl. 1997, Kap. 8.4, Figur 8.7

konflikter hypotetisk kan forekomme. I følge Statens vegvesen er også et konfliktområde definert som

“Område som inneholder ett eller flere konfliktpunkter mellom kjøretøy i et veg-/gatekryss” (Statens vegvesen 2021).

Det er trafikantene selv som må avgjøre om det er trygt å entre krysset, samtidig som man overholder eventuell vikeplikt ovenfor andre trafikanter. Når man snakker om mulighet for å entre krysset, så snakker man om akseptable **tidsluker**. Dette er nevnt kjent som *gap acceptance* (Gartner mfl. 1997, s. 8.1.1) og er også beskrevet som en viktig modell for simulering av vikende oppførsel i Aimsun Next i forrige kapittel. I forbindelse med tidsluker er det nødvendig å definere to viktige parametere. Disse er

- Kritisk tidsluke,  $t_c$ 
  - Den minste tidsluken som en “gjennomsnittlig fører” aksepterer for å entre eller krysse en trafikkstrøm med høyere prioritet. Det er store variasjoner i kritisk tidsluke blant førere.
- Følgetid,  $t_f$

- Om to eller flere kjøretøy benytter samme tidsluke, vil kjøretøy 2, 3 osv akseptere mindre kritisk tidsluke enn kjøretøy 1.
- Kan betraktes som kritisk tidsluke for kjøretøy bak kjøretøy 1, og er typisk ca 60% av  $t_c$ .

For å finne kapasiteten  $q_m$  til den ikke-prioriterte strømmen, sier Gartner mfl. 1997, Kap 8.4.1, at man kan benytte

$$q_m = q_p \cdot \int_0^m f(t) \cdot g(t) dt \quad (8)$$

hvor  $f(t)$  er tetthetsfunksjonen for lukefordelingen i prioritert strøm, og  $g(t)$  er antall kjøretøy i ikke-prioritert strøm som kan entre en tidsluke på størrelse  $t$ . Her antas også konstante verdier for  $t_c$  og  $t_f$ , eksponetialfordeling av tidsluker på prioritert strøm og konstant trafikkmengde i begge trafikkstrømmer. Dette er grunnlaget for mange modeller som prøver å beskrive konflikter i flere ulike kryss, både uregulerte og regulerte. Det er over tid blitt forsøkt å forbedre denne modellen med mer realistiske modeller, og felles for mange av disse er at de bygger på den nevnte lukeaksept-teorien. En viktig modell, som blant annet norske metoder bygger på, er Harders modell (A. Aakre 2022b). Harder antok at  $g(t)$  var en steg-funksjon, og fikk da

$$q_m = q_p \cdot \frac{e^{-q_p \cdot t_c}}{1 - e^{-q_p \cdot t_f}} \quad (9)$$

#### 2.4.2 Konflikt og konfliktsannsynlighet

I forrige delkapittel ble konfliktområde for to kryssende trafikkstrømmer definert. Innen trafikkfaget har det vært brukt mange variasjoner av begrepet **konflikt**. I 1977 definerte Amundsen og Hyden, sitert i Hoong-Chor Chin 1997, konflikt som

*“an observable situation in which two or more road users approach each other in space and time to such an extent that there is a risk of collision if their movements remained unchanged.”*

En vanlig måte å justere bevegelsen sin på inn mot et kryss er å justere hastigheten, som oftest med bremsing. Fra dette kan man videre identifisere en konflikt gjennom at en eller flere involverte vil oppleve en forsinkelse som resultat av reduksjon i hastighet. Fotgjengere som ankommer et gangfelt kan betraktes som uavhengige og kontinuerlige hendelser. For å beskrive tiden mellom uavhengige hendelser, som tiden mellom ankomst (fotgjenger, kjøretøy etc.), kan man benytte eksponensialfordeling så lenge trafikkstrømmen er relativt lav (Elefteriadou 2014). For større trafikkstrømmer hvor de reisende ligger tettere på hverandre benyttes ofte normalfordeling (Elefteriadou 2014). Så dersom man betrakter en fotgjengerstrøm hvor fotgjengere ikke går så nære hverandre at man går saktere enn ønsket, kan eksponensialfordeling beskrive tidslukene mellom fotgjengere som et tilfeldig kjøretøy som skal passere et gangfelt kan møte. Illustrasjon av tidsluker er vist i Figur 10. Eksponensialfordelingen er gitt ved tetthetsfunksjonen

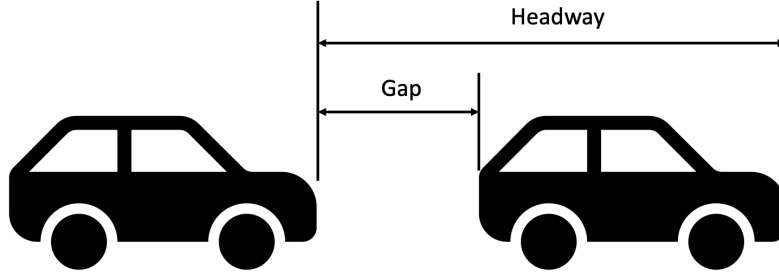
$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} = \frac{1}{t} e^{-\frac{t}{t_c}} \quad (10)$$

hvor  $\lambda$  er intensiteten i form av trafikkstrøm og  $t$  er tidsluke. Videre er den kumulative sannsynlighetsfunksjonen gitt ved

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (11)$$

Ved å anta et tilfeldig kjøretøy i en trafikkstrøm som ankommer fotgjengerfeltet ved et tilfeldig tidspunkt, kan man benytte Ligning 11 til å beregne sannsynlighet for konflikt mellom de to trafikkstrømmene, gitt en tidsluke som trengs for å unngå konflikt.

En slik sannsynlighet kan også benyttes i en binomialfordeling som sannsynlighet  $p$  for et av to mulige utfall. Man kan fra en binomialfordeling beregne sannsynligheten for at et gitt antall konflikter



Figur 10: Illustrasjon av tidsluker.

som vil oppstå for en gitt kjøretøystrøm som passerer et gangfelt med kryssende fotgjengerstrøm med kumulativ fordeling

$$B(x, n, p) = \frac{n!}{x!(n-x)!} p^x (1-p)^{n-x} \quad (12)$$

hvor  $n$  er antall uavhengige eksperimenter/hendelser og  $x$  er antall suksessfulle hendelser på  $n$  forsøk. Når  $p$  blir liten sammenlignet med  $n$  kan man benytte en Poisson-fordeling som en tilnærming til en binomialfordeling og blir da

$$P(x) = \frac{\mu^x}{x!} e^{-\mu} \quad (13)$$

hvor  $\mu = np = \lambda t$  er middelerdi. Her er  $\lambda$  intensiteten (f.eks en kjøretøystrøm) og  $t$  er tidsperioden (time, minutt, sekund).

### 2.4.3 Trafikantadferd, samhandling og modellering av dette

I Norge har kjøretøy som krysser gangfelt vikeplikt for fotgjengere (Samferdselsdepartementet 2022). Regelen om absolutt vikeplikt for fotgjengere ble innført i 1978 og Norge er et av få europeiske land som praktiserer dette, men mange eldre studier viser at det er knyttet høy risiko til å stole blindt på at kjøretøy overholder sin vikeplikt (Sørensen og Loftsgarden 2010). Dette åpner for at fotgjengere bør søke kontakt og samhandling med kjøretøy som en ekstra sikkerhet før gangfelt krysses, selv om de har prioritet.

En slik historisk endring som nevnt over vil kunne endre kjørekulturen i en befolkning med tiden. Ulike land og regioner kan oppleves veldig forskjellig med tanke på kjørestil og trafikkkultur. En studie av kulturelle forskjeller på kjørestil viser at forskjellige kulturer tilpasser seg forskjellige kjørestiler, som indikerer at kulturelle forskjeller kan være en viktig faktor hvor hvordan individuelle fører velger å kjøre (Töre mfl. 2023). Fra dette kan man argumentere for at en type adferdsmodell ikke nødvendigvis gir en god beskrivelse på tvers av ulike landegrenser. I Norge i dag er det ikke uvanlig at man kan se kjøretøy vike for både syklistene og elsparkesyklistene som krysser en veg i et gangfelt uten å gå av sykkelen, selv om det er denne spesifikke handlingen som sikrer dem prioritet. I andre land i Europa, og verden forøvrig, kan kjøretøy oppleves langt mer aggressiv i en lignende situasjon Dette kan muligens forklares med at i den norske kjørekulturen så har en stor andel av de som opererer kjøretøy grunnleggende respekt for prioriteten i et gangfelt. Resultatet av dette blir samhandling mellom en myk trafikant og kjøretøy som går utenom det gjeldene regelverket i trafikken.

Det er også gjort studier rundt fotgjengeradferd for å beskrive ulike fotgjengere sin oppførsel i gangfelt. I følge Aghabayk mfl. 2021 tyder bruken av teknologiske enheter, som mobiltelefoner, på at en kryssende fotgjenger blir mindre opptatt av å se seg rundt før og under kryssing og ser oftere kun rett frem. Samme studie viser også at alder påvirker oppmerksomheten man vier omgivelsene. Middeldaldrende ikke-distraherte grupper var mer sannsynlig å se seg til høyre og venstre før og under kryssing enn unge ikke-distraherte. De eldre aldersgruppene hadde også lavere sannsynlighet for å se seg rundt enn de yngre gruppene. Det ble også vist at det er forskjeller på

---

oppmerksomhet knyttet til om man går alene eller i grupper (Aghabayk mfl. 2021). Andre studier viser at det kan være forskjeller på hvor forsiktig adferd man har basert på kjønn eller alder. Kvinner opptrer ofte mer forsiktig enn menn og venter lenger før kryssing (Tiwari mfl. 2006), mens eldre mennesker opptrer mer forsiktig enn yngre mennesker i kryssing av uregulerte kryss (Gorrini mfl. 2018). Hvordan mennesker oppfører seg ved kryssing av en veg kan også være avhengig av om man interakterer med tradisjonelle føreropererte kjøretøy eller autonome kjøretøy. I følge Taima og Daimon 2023 begynner fotgjenger å krysse tidligere når det kommuniseres med tradisjonelle kjøretøy, mens for autonome kjøretøy starter gjerne kryssing først etter kjøretøyet har kommet til ro. I utarbeiding av forbedringsforslag til fotgjengermodellen i Aimsun Next var det aktuelt å se om variasjon i adferd modelleres realistisk i dag og om modellering av fotgjengeradferd kan forbedres.

I tillegg var det aktuelt å se på om eksisterende samhandlingsmodeller mellom kjøretøy kan overføre enkelte av sine prinsipper til konflikter mellom kjørende og gående i gangfelt. Det har også i Kapittel 2.2.3 blitt nevnt at lukeakseptmodellen er sentral i Aimsun Next for å modellere føreradferd. Men når uregulerte kryss og rundkjøring blir overbelastet i virkeligheten, så fungerer ikke lukeakseptmodellen lenger godt i praksis (E. Aakre 2014). For eksempel i en situasjon med fotgjengerstrøm som krysser en stor kjøretøystrøm slik at fotgjengerfelt i perioder blokkeres av kjøretøy, kan det være aktuelt å benytte en samhandlingsmodell. Det er vist at å kombinere lukeakseptmodeller med samhandlingsmodeller gir mer realistiske resultater for modellering av uregulerte kryss og rundkjøringer når seksjonene er overbelastet (E. Aakre og A. Aakre 2017). Her sammenlignes den integrerte simuleringmodellen *Turn Cooperation Model*, beskrevet i E. Aakre, Lenorzer mfl. 2016 og den analytiske modellen, *Aakre Cooperation Merge Model*, mot observasjoner fra virkeligheten og gir som nevnt bedre beskrivelser av virkeligheten enn lukeakseptmodeller alene. I utvikling av forbedringsforslag til fotgjengermodellen var det aktuelt å se på samhandlingsmodeller og om slike kan benyttes for å gi en bedre beskrivelse av konfliktene mellom kjøretøy og fotgjengere, siden slike modeller kan vise til lovende resultater i konflikter mellom kjøretøy.



---

## 3 Metode

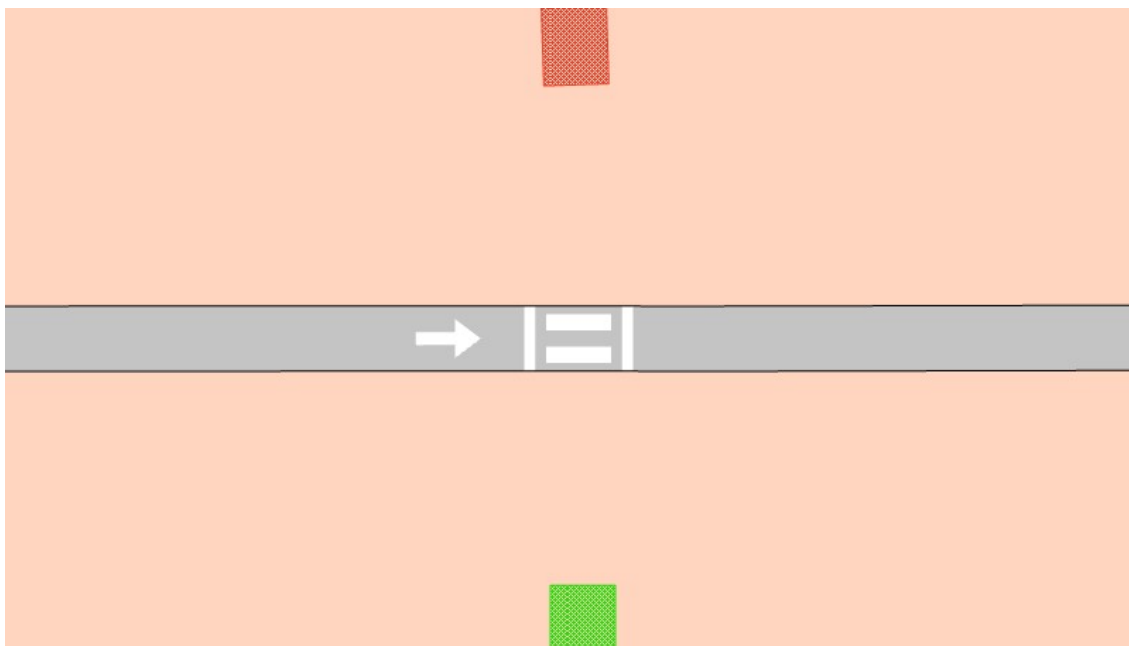
I dette kapitlet presenteres arbeidsmetodikk og fremgangsmåte for arbeidet og prosessen rundt å analysere fotgjengersimulatoren til Aimsun Next og utviklingen av et forbedringsforslag gjennom en konseptuell teoretisk modell.

### 3.1 Modellbygging

Siden målet med masteroppgaven er å undersøke om det finnes forbedringsmuligheter til fotgjengersimulatoren er det nødvendig å kartlegge eventuelle svakheter i modellen, spesielt knyttet til konflikter mellom kjøretøy og fotgjengere i gangfelt. For å avdekke potensielle svakheter og mønstre, samt mulige konsekvenser, ble det bygget modeller i Aimsun Next med hensikt om å skape konflikter mellom kjøretøy og fotgjenger i et gangfelt. Modellene som undersøkes skal representere et generisk uregulert gangfelt og er ikke knyttet til et eksisterende område. Det er simulering av typiske konflikter og ikke eventuelle variasjoner knyttet til en spesifikk lokasjon som er interessant her. I tillegg skal omfanget av konflikter være stort nok til å kunne trekke trender ut fra datagrunnlaget, slik at en enklere kan isolere konfliktene fra hverandre.

#### 3.1.1 Modellbygging: Geometri og kryssløsninger

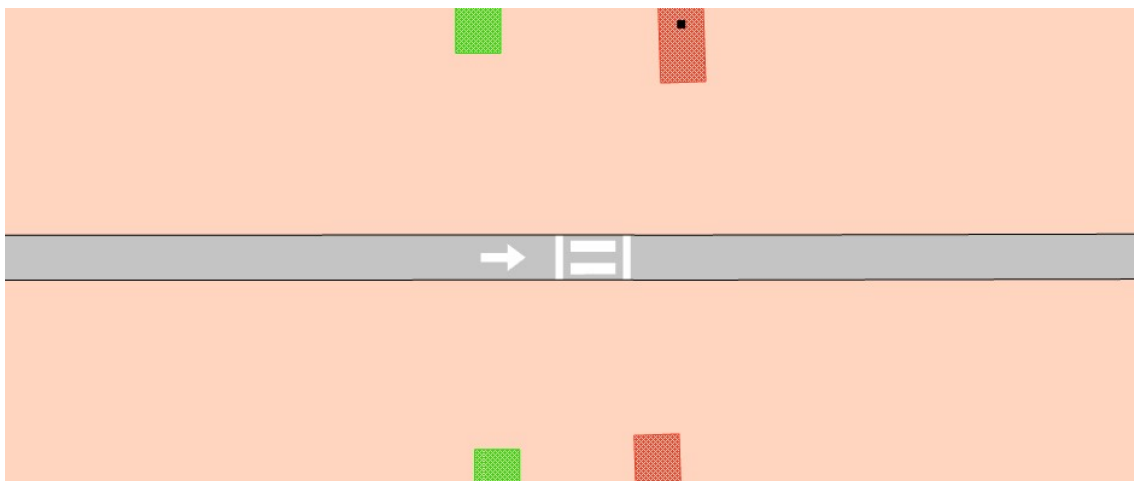
Det enkleste eksempelet på en fotgjengerstrøm som krysser en trafikkstrøm med lavere prioritet er et gangfelt på en rett èn-felts vegstrekning. En slik geometri tilsvarer også den enkleste formen for et uregulert kryss med trafikkstrømmer med ulik prioritet som beskrevet i Kap. 2.4.1. Et rektangulært fotgjengerareal omkranser deler av strekningen som gir mulighet til fotgjengerbevegelse innad. Fotgjengerfeltet plasseres i fotgjengerarealet mellom to seksjoner knyttet sammen av en node. Det plasseres ca. midt på strekningen, med fotgjengersentroider på hver side av vegseksjonen for å skape fotgjengere som krysser vegen fra en side til en annen. På hver ende av vegseksjonen plasseres det sentroider som trafikkstrømmen går fra og til. Dette oppsettet er den enkleste utformingen av en modell med formål om å skape konflikt mellom kjøretøy og kryssende fotgjengere. Dette utgangspunktet er også masteroppgavens grunnmodell i Aimsun Next-modellene, slik at eventuelle utvidelser og endringer tar utgangspunkt i denne. Grunnmodellen er vist i Figur 11.



Figur 11: Grunnmodell. Èn-felts vegstrekning med gangfelt i et fotgjengerareal.

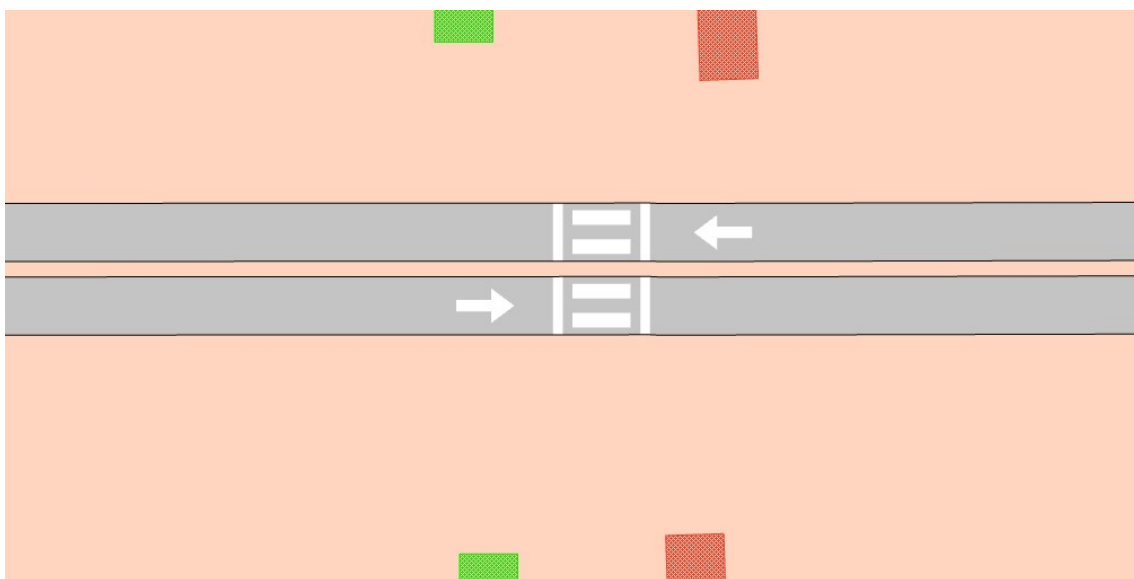
---

Man kan også inkludere fotgjengerstrøm fra begge sider i grunnmodellen, siden det som oftest er mulig å krysse en veg fra begge sider. En slik enkel utvidelse av grunnmodellen er vist i Figur 12.

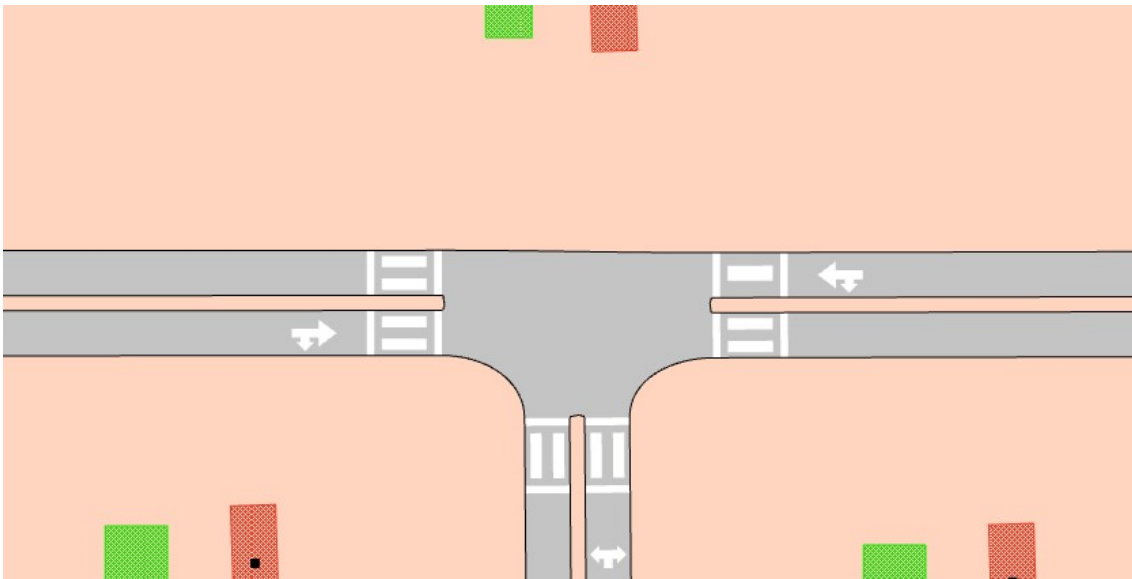


Figur 12: Grunnmodell utvidet med fotgjengerstrøm fra begge sider.

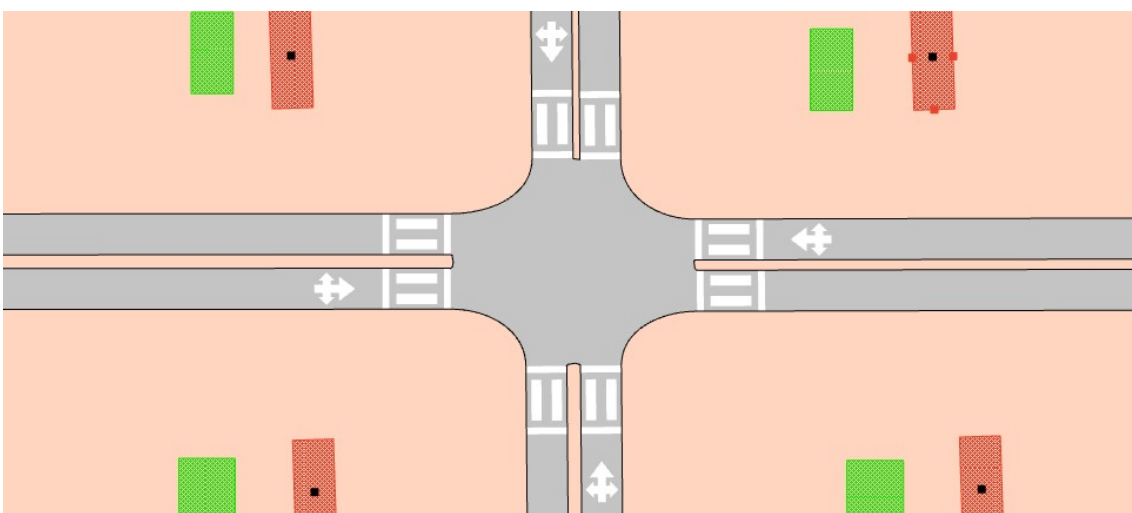
Fra dette ble det bygget flere andre modeller hvor uregulerte fotgjengeroverganger er vanlig. Grunnmodellen i Figur 11 ble utvidet med kjørefelt i begge retninger. Dette gjøres for å kunne undersøke hvordan fotgjengersimulatoren fungerer når fotgjengere som allerede befinner seg i vegbanen beveger seg mot en konflikt i et annet kjørefelt. Modellen er vist i Figur 13. Det ble også videre bygget modeller som beskriver uregulerte gangfelt i T-kryss, X-kryss og rundkjøringer. For kryss med mer enn to armer inn utvides antall sentroider tilsvarende, samt flere fotgjengerfelt og flere fotgjenger-sentroider slik at både biltrafikk og fotgjengertrafikk kan reise til og fra de områder som kryssene avgrenser. Modellene som ble bygget er vist i Figur 14 til 17.



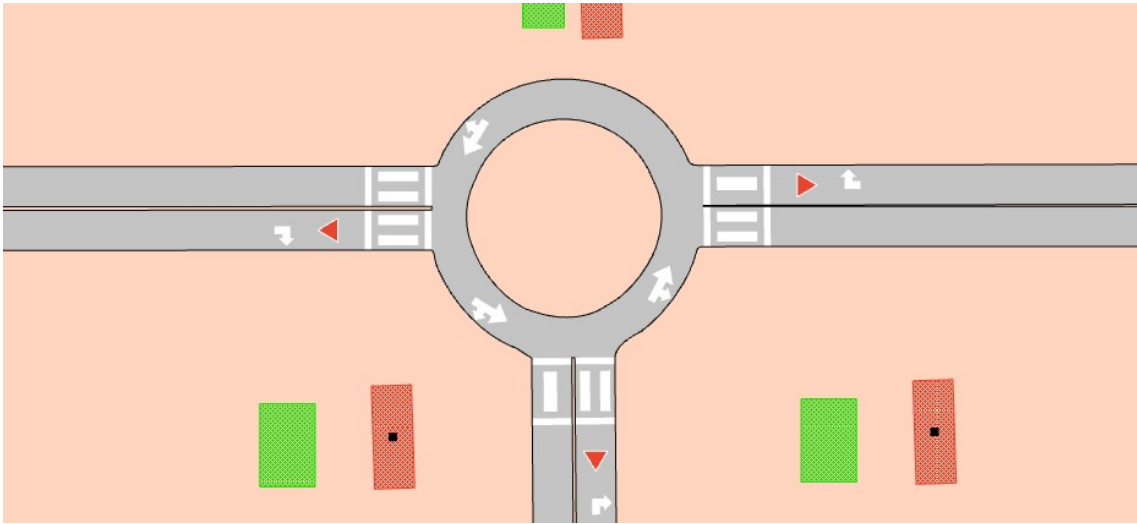
Figur 13: Utvidelse av grunnmodell til to-felts vegstrekning med fotgjengerfelt.



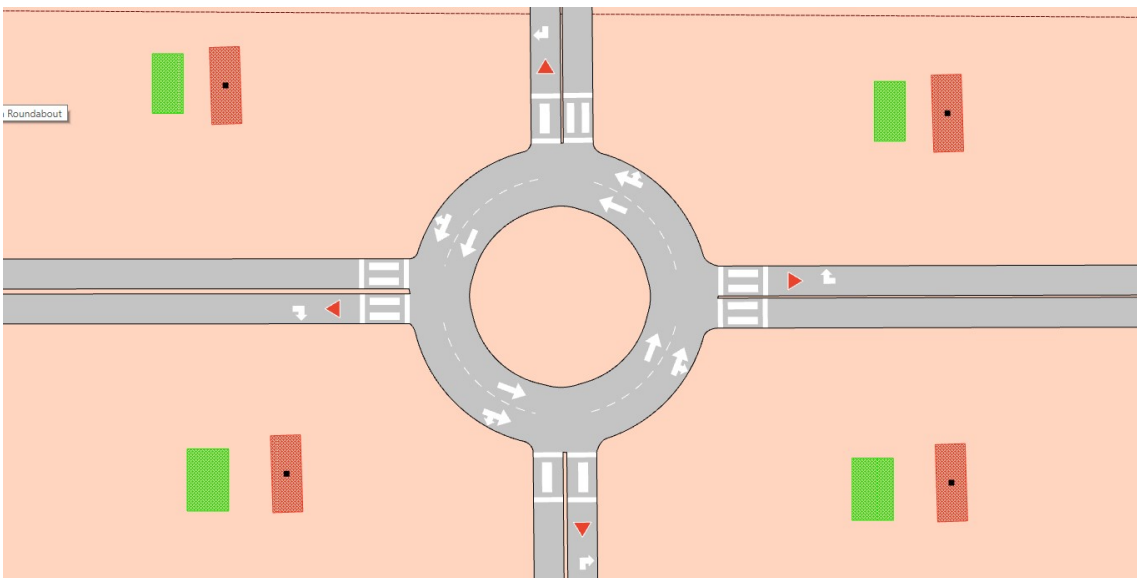
Figur 14: Modell av T-kryss med kjørefelt i begge retninger.



Figur 15: Modell av X-kryss med kjørefelt i begge retninger.



Figur 16: Rundkjøring med tre armer.

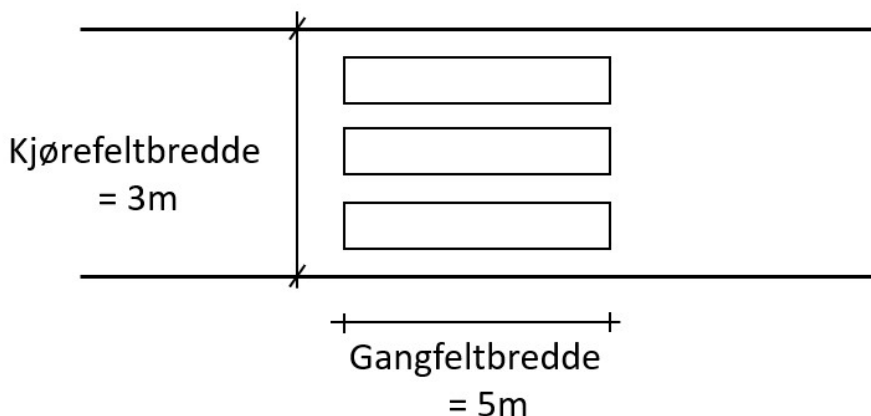


Figur 17: Rundkjøring med fire armer.

### 3.1.2 Modellbygging: Valg av parametere

Det må bestemmes en rekke parametere i modellen før simulering og analyse kan gjennomføres, som blant annet fartsgrenser, bredde på kjørefelt og gangfelt samt trafikkmengder for de ulike trafikstrømmene. For fremtidig arbeid kan det være en fordel om grunnmodellen er mest mulig sammenlignbar med norske forhold, uten at dette trenger å være et absolutt krav. Det er også relevant å ikke endre for mye på standardverdier i Aimsun Next da det er denne programvarens modell som skal analyseres. I følge Håndbok V127, så skal ikke gangfelt benyttes på steder hvor akseptabel fart er over  $45 \text{ km/t}$ , og heller ikke på steder med fartsgrense  $60 \text{ km/t}$  eller høyere. I Norge benyttes fartsgrenser  $30$ ,  $40$  og  $50 \text{ km/t}$  på steder med gangfelt (Statens vegvesen 2017). Fra dette velges  $40 \text{ km/t}$  til bruk i grunnmodell, da det både passer inn under norske forhold og er en standardinnstilling i Aimsun Next. En slik veg vil under rådende bestemmelser i veg- og gateutforming i Norge i dag falle under vegklasse Hø2, L1 eller L2 (Statens vegvesen 2022a). Hø2 tillater årsgjennsnittstrafikk, ÅDT, mindre enn 12000 og har krav om kjørefeltbredde på 3 meter, som også er standardverdi på kjørefeltbredde i Aimsun Next og velges derfor som modellens utgangspunkt. Fra Håndbok V129 fremkommer det også at gangfelt bør ha en bredde på minst 3 meter (Statens

vegvesen 2014), så også her velges det å beholde Aimsun Next sin standardverdi på 5 meter. Med gangfeltbredde menes gangfeltets utstrekning i fortauets/kjørefeltets lengderetning. Kjørefeltbredde og gangfeltbredde er vist i Figur 18, mens verdiene for de angitte parameter er gitt i Tabell 1.



Figur 18: Illustrasjon av kjørefeltbredde og gangfeltbredde.

Tabell 1: Valgte verdier for fartsgrense, kjørefeltbredde og gangfeltbredde.

Parameter	Verdi [enhet]
Fartsgrense	40 [km/t]
Kjørefeltbredde	3 [m]
Gangfeltbredde	5 [m]

Videre måtte det bestemmes hvilke trafikkmengder modellen skal simulere. Siden det på forhånd var utfordrende å vite hvilke kombinasjoner som ville gi best grunnlag for vurdering av konflikter, ble det bestemt å teste de to ulike trafikkmengdene (kjøretøystrøm og fotgjengerstrøm) for mengder som kan rangeres som lav, middels og høy trafikkmengde. Dette er igjen relativt for ulike strekninger, kapasiteter osv. Det ble besluttet at de valgte mengdene i hvertfall kunne rangeres som lav, middels og høy relativt hverandre samtidig som det var tydelig forskjell i sannsynlighet for et visst antall konflikter. Utgangspunktet ble å se på trafikkmengde i løpet av en time. Ved en timestrafikk for kjøretøy på  $120 \text{ kjt/t}$  vil det ankomme et kjøretøy ved gangfeltet hvert 30 sekund i snitt og dette kan anses som lavt. Dobler man dette til  $240 \text{ kjt/t}$  antallet ankommer et kjøretøy hvert 15 sekund, og dobler man dette igjen til  $480 \text{ kjt/t}$  så ankommer det et kjøretøy hvert 7.5 sekund. Dette blir valgt som henholdsvis lav, middels og høy trafikkmengde for kjøretøy i grunnmodellen. Ved å anta eksponentialfordeling av fotgjengerstrøm kan sannsynlighet for konflikt mellom et tilfeldig kjøretøy og kryssende fotgjengerstrøm beregnes ut fra akseptabel tidsluke for å passere gangfelt. Ved å starte med 60 fotgjengere per time som lavt nivå, kan man finne et passende sannsynlighetsnivå for konflikt med et kjøretøy om man definerer kritisk tidsluke som et kjøretøy trenger for å passere gangfeltet uten konflikt. I Aimsun Next har standard gangfart for fotgjengere en middelverdi på  $1.34 \text{ m/s}$  og laveste verdi på ca  $1.08 \text{ m/s}$ , så om man antar at kjøretøy krever en tidsluke på minimum 3 sekunder for å passere gangfelt får man følgende sannsynligheter for konflikt, gitt i Tabell 2.

I praksis betyr dette at fotgjenger blokkerer gangfeltet i en periode tett opp mot den luken som akkurat kreves for å unngå kollisjon mellom kjøretøy og fotgjenger. I virkeligheten kan dette føre til ubehagelige situasjoner når kjøretøy har så små tidsluker, og derfor avstander, og det kan oppleves som uøflig adferd ovenfor fotgjenger. Ved å utvide luken som kreves for å krysse et gangfelt for et kjøretøy, så utvides et tenkt influensområde og sannsynligheten for konflikt. Oppdaterer man Tabell 2 til å også beskrive sannsynligheter for luker på 4 og 5 sekunder får man Tabell 3.

Tabell 2: Sannsynlighet for konflikt mellom et tilfeldig kjøretøy og ulike fotgjengerstrømmer.

Fotgjengerstrøm [ $f_{otgj.}/t$ ]	Sannsynlighet for konflikt [%]
60	4.8
120	9.5
180	13.9
240	18.1
300	22.1
360	25.9

Tabell 3: Sannsynlighet for konflikt mellom et tilfeldig kjøretøy og ulike fotgjengerstrømmer som funksjon av tidsluker

Fotgjengerstrøm [ $f_{otgj.}/t$ ]	$P(t = 3s)$	$P(t = 4s)$	$P(t = 5s)$
60	4.8	6.4	8.00
120	9.5	12.48	15.35
180	13.9	18.13	22.12
240	18.1	23.4	28.35
300	22.1	28.35	34.08
360	25.9	32.97	39.35

Fra Tabell 3 velges det å se videre på fotgjengerstrøm på 60, 180 og 360 fotgjengere per time for grunnmodellen. Bakgrunnen for dette valget er at dette illustrerer tre scenarier hvor fotgjengerstrømmene er lav, middels og høy relativt hverandre. Herfra kan man sjekke at kombinasjonene lav-middels-høy for begge trafikkstrømmene gir en viss sannsynligheten for et valgt antall konflikter ved bruk av binomial- og/eller Poissonfordeling beskrevet i Kapittel 2.4.2. Om man sier at man minimum ønsker at antall kjøretøy tilsvarende 10 prosent eller mer av laveste trafikkstrøm (kjøretøy eller fotgjenger) har en viss sannsynlighet for å bli involvert i en konflikt, kan man sjekke om valg av trafikkmengder gir et godt utgangspunkt for grunnmodellen til å kartlegge konflikter enkelt og effektivt.

Tabell 4: Sannsynlighet for at et minimum antall kjøretøy tilsvarende 10% av laveste trafikkstrøm opplever konflikt.

Veh-Ped	$x_{min}$	$P(X > x_{min} - 1, t = 4s)$
Lav-Lav	6	0.793
Lav-Mid	12	0.989
Lav-Høy	12	1.000
Mid-Lav	6	0.998
Mid-Mid	18	0.999
Mid-Høy	24	1.000
Høy-Lav	6	1.000
Høy-Mid	18	1.000
Høy-Høy	36	1.000

Fra Tabell 4 ser man at sannsynligheten for et visst antall konflikter med slike trafikkstrømmer er relativt høy, så man kan forvente nok konflikter fra alle modellene, samt forskjellige sannsynlige nivåer av hvor stor andel av trafikkstrømmene som er involvert. Målet er som nevnt ikke å sammenligne effekten av ulike strømmer, men å finne scenarier som gjør det enkelt å identifisere og beskrive eventuelle svakheter samtidig som man får et solid datagrunnlag med tanke på antall konflikter som kartlegges. Videre velges det også å sette andel tunge kjøretøy (kjøretøytype *truck* i Aimsun Next) til å utgjøre 10% av kjøretøyene, slik at man kan se om det finnes forskjeller på konflikter mellom biler og tunge kjøretøy. Da får man verdiene vist i Tabell 5 for grunnmodellens trafikkstrømmer. Ved utvidelse av grunnmodellen til kjørefelt i begge retninger, samt fotgjengerstrøm fra begge sider av gangfeltet brukes de samme verdier slik at både total trafikkstrøm og total fotgjengerstrøm dobles for de ulike nivåene lav, middels og høy.

Tabell 5: Trafikkmengder for grunnmodell

Trafikantklasse	Lav	Medium	Høy	Enhet
Kjøretøy	120	240	480	<i>kjt/t</i>
( <i>Lette</i> )	108	216	432	<i>kjt/t</i>
( <i>Tunge</i> )	12	24	48	<i>kjt/t</i>
Fotgjenger	60	180	360	<i>fotgj./t</i>

## 3.2 Simulering og analyse av modeller

Denne delen av metoden gikk ut på å simulere de bygde modellene. Dette innebar å kalibrere, validere, eksperimentere med modellene, og analysere resultatene. Her jobbes det med en datamodell og arbeidet som ble gjort tilsvarer at man befinner seg på høyre side i Figur 1 som ble beskrevet i Kapittel 2.1.1.

### 3.2.1 Simulering

Med en grunnmodell kan man begynne å kjøre simuleringer for å teste hvor realistisk Aimsun Next sin beskrivelse av konflikter mellom fotgjengere og kjøretøy er. For hver trafikkmengde for kjøretøy finnes tre ulike mengder fotgjengere som skal krysse. I grunnmodell krysser fotgjengere fra sentroiden sør til nord, og kjøretøy kjører fra sentroiden vest til øst. Dette vil gi ni forskjellige trafikktilstander per modell, som vist i Tabell 6 for grunntilfellet for grunnmodell.

Tabell 6: Kombinasjoner av ulike trafikkkstrømmer som gir forskjellige trafikktilstander.

Trafikkombinasjon	Kombinasjon (Kjt. - Fotgj.)
1	Lav - Lav
2	Lav - Middels
3	Lav - Høy
4	Middels - Lav
5	Middels - Middels
6	Middels - Høy
7	Høy - Lav
8	Høy - Middels
9	Høy - Høy

Om man tar dette med i betraktning for hver av de ulike kryssutformingene så ville dette betydd:

$$7 \text{ modeller} \times 9 \text{ trafikkkombinasjoner} = 63 \text{ ulike simuleringer}$$

Med tanke på masteroppgavens omfang og tidsbegrensing ble det gjort visse forenklinger ut fra kriteriene om identifisering av konflikter i simuleringene. En rask titt på simulering av de ulike krysstypene (T-kryss, X-kryss, og rundkjøringer med hhv. 3 og 4 armer) viste at det å enkelt kunne identifisere en konflikt når det er mange ulike trafikkkstrømmer som krysser og påvirker hverandre blir vanskelig og mot oppgavens hensikt. Derfor ble det besluttet å fokusere først på grunnmodellen og utvidelser av denne som inkluderer både fotgjengerstrøm fra begge sider, samt kjørefelt i begge retninger for å se om dette var tilstrekkelig med tanke på masteroppgavens problemstilling. De modellene som ble valgt å fokusere først på er vist i Figur 11, 12 og 13. Det ble fra dette gjennomført 27 simuleringer og opptak av disse for analysering. Alle simuleringene ser på trafikken i løpet av time og det nevnes for ordens skyld at dette gikk fra klokken 08.00 til 09.00 på Aimsun Next standarddato, selv om det ikke er av særlig betydning.

Etter at disse simuleringene var gjennomført og opptak lagret ble det gjort innledende undersøkelser for å kartelegge om dette var tilstrekkelig. Samtlige simuleringer ble raskt gjennomgått for å vurdere om det var både mange nok konflikter og enkelt nok å identifisere og senere analysere disse. Uten å gå videre inn på resultater så kan det sies at disse kriteriene til simuleringene i stor grad ble møtt, slik at videre analyse kun tar utgangspunkt i de nevnte 27 simuleringene.

---

### 3.2.2 Analyse av konflikter: Identifisering, kartlegging og dokumentering

Analysen hadde som mål å avdekke om det eksisterer svakheter ved bruk av fotgjengersimulatoren som kan gjøre den urealistisk og dermed upålitelig, og i så fall i hvilket omfang dette er og hva som er mulige årsaker til problemene. For å kunne avgjøre dette måtte det avklares hva som klassifiseres som en konflikt under simuleringen av de forskjellige modellene. En bred men tilpasset definisjon av konflikt som bygger på definisjonen til Amundsen og Hyden (1977) gjengitt i kapittel 2.4.2 er at:

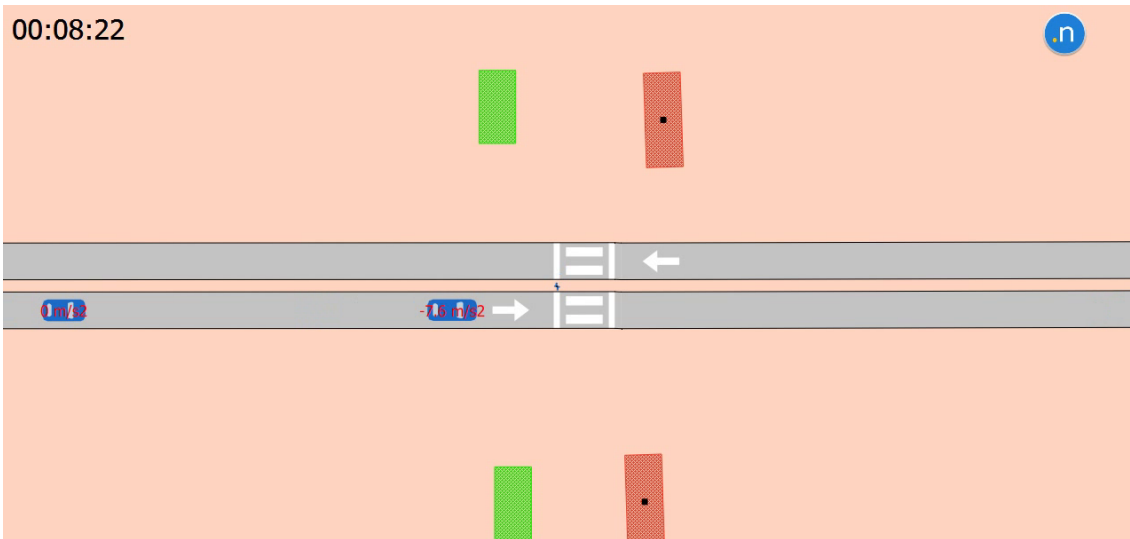
*"En konflikt er en observerbar situasjon med to eller flere trafikanter som nærmer hverandre i både tid og rom, hvor det er risiko for kollisjon som fører til at en eller flere av de involverte opplever å bli hindret eller forsinket for å unngå en slik kollisjon".*

En slik definisjon vil da gjelde for begge trafikkstrømmer, og det vil følgelig være en konflikt i Aimsun-simuleringen om enten et (eller flere) kjøretøy eller én (eller flere) fotgjengere opplever å blir forsinket eller hindret fra å holde ønsket hastighet. En slik definisjon skiller ikke mellom urealistisk eller realistisk konflikt, så for å kunne skille disse fra hverandre trenger man å beskrive hvordan en realistisk konflikt kan se ut i et gangfelt. Dette kan blant annet omfatte grenseverdier for retardasjon ved oppbremsing, kjøretøy og fotgjengers plassering når konflikt oppstår, når konflikten oppstår, samt den simulerte adferden hos trafikantene i møte med andre trafikanter. For eksempel vil en fotgjenger typisk ha langt lavere fart enn et kjøretøy og kan derfor vie mer av sin oppmerksomhet til omgivelsene (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2022, kap. 3). Derfor kan en fotgjenger også vurdere i hvilken grad det er trygt å krysse, selv om man har prioritet. Adferdsmessig kan dette kunne fremstå som en kort pause foran gangfelt eller at fotgjenger søker samhandling med kjøretøy før kryssing begynner. Fra tidlig testing av grunnmodell ble det i samarbeid med veileder bestemt grenseverdier for forskjellige typer bremsing. Videre ble kriterier som kan skille en urealistisk konflikt fra en realistisk konflikt bestemt, og er:

- Øvre grense for absoluttverdi for komfortabel retardasjon på tørr asfalt =  $4m/s^2$  (A. Aakre 2023)
- Plassering til kjøretøy og fotgjenger ved retardasjon.
  - Når begynner kjøretøyets retardasjon sett i lys av fotgjenger og kjøretøyplassering? Virker fotgjenger å være synlig når man bør?
- Er det en naturlig beskrivelse av adferd hos kjøretøy og fotgjenger når de interakterer?
  - Når akselerer kjøretøy med tanke på en kommende konflikt? For tidlig, passe eller for sent?
  - Tar fotgjengere hensyn til kjøretøys plassering og fart før kryss begynne? Søkes samarbeid/vurderes omgivelsene?

Med definisjonen for hva en konflikt er og kriterier for hva som skiller urealistiske og realistiske konflikter kan man kartlegge omfang og muligens årsak. Det ble derfor opprettet to loggføringsdokumenter i Excel. Det ene har som hensikt å loggføre hvor mange konflikter som oppstår og hvor stor andel som er urealistisk/realistisk i henhold til kriteriene, mens det andre dokumentet har som hensikt å kartlegge hva som kan være årsaken til at urealistiske konflikter oppstår. Slik ble det forsøkt å kategorisk fange opp svakheter i beskrivelser av konflikter, for så å kunne analysere hva som gjør at de eventuelt oppstår. Sammen med opptak av simuleringene utgjør disse dokumentene en stor del av dokumentasjonen på hvordan fotgjengermodellen virker å fungerer i dag når den samhandler med kjøretøy i Aimsun Next. For å loggføre i disse dokumentene ble opptakene spilt av i VLC-mediaplayer. Her er det mulighet for å spille av i ulike hastigheter etter behov, samt også hoppe frem bilde for bilde, spole tilbake og pause, noe som ikke lar seg gjøre direkte i Aimsun Next. For å enklere kunne identifisere retardasjon i opptaket, ble det i simuleringene lagt til en *view mode* i modellene som viser akselerasjonen/retardasjonen til kjøretøyene på vegseksjonen. Illustrasjon av analysesituasjonen er vist i Figur 19.





Figur 19: Illustrasjon av analysesituasjon fra opptak gjort av simulering i Aimsun Next.

Selv med kriterier som skal kunne skille de fleste konfliktene fra hverandre, vil det også kunne skje at man har tilfeller i grenseland eller som er vanskelig å isolere fra samtidige hendelser. I slike situasjoner måtte en skjønsmessigvurdering tas, men med et konservativt preg med tanke på kriteriene. Det vurderes dit at det er langt viktigere å avdekke de tydelige tilfellene av urealistiske konflikter, selv om det kan være en usikkerhet som betyr at andelen egentlig er noe større.

### 3.3 Dokumentasjonsnotat og dialog med Aimsun Next

Tidlig i analysefasen ble det tydelig at det var behov for å få avklart enkelte spørsmål knyttet til fotgjengersimulatoren. Uten å gå nøyere inn på resultater på dette tidspunkt i oppgaven, da dette vil bli presentert i sin helhet i Kapittel 4, ble det relativt tidlig i analyseprosessen tydelig at fotgjengere hadde en synlighetsproblematikk knyttet til seg, sett fra kjøretøyenes perspektiv. For å kunne utelukke eventuelle feil med selve modellen, men også få bedre innsikt i hvordan fotgjengermodellen og simulatoren fungerer, ble det utformet et dokumentasjonsnotat over de tidlige funn og resultater. Fra dette ble det formulert fire innledende spørsmål som var rettet til utviklerteamet rundt Aimsun Next. Disse spørsmålene, her oversatt til norsk, var som følger:

- Er det meningen at fotgjengere kun skal være synlig for kjøretøy fra den tiden de trer inn i det aktuelle kjørefeltet? Om dette er meningen, hvorfor er det slik?
- Finnes det en måte å manuelt justere fotgjengeres synlighet i Aimsun Next når man benytter fotgjengersimulatoren?
- Hvordan er interaksjonen mellom kjøretøy og fotgjengere modellert når man benytter fotgjengersimulatoren og fotgjengerareal?
- Jobbes det med å forbedre fotgjengersimulatoren med hensyn på fotgjengeres synlighet? Hvis ja, hvilke tiltak/endringer vurderes?

Hensikten med disse innledende spørsmålene, i tillegg til å avdekke mulige feil, var å opprette en dialog med de som kjenner programvaren best, altså utviklerteamet i Aimsun. På tidspunktet dokumentasjonsnotatet ble oversendt var det fortsatt uvisst hvilken retning masteroppgavens resultater ville kunne ta det videre arbeidet, så kun de aller viktigste spørsmålene ble tatt innledningsvis da det å opprette en dialog ble vurdert som minst like viktig. Dokumentasjonsnotatet som ble oversendt og responsen på dette vil bli nøyere presentert i Kapittel 4 og notatet kan sees i sin helhet som vedlegg.

---

### 3.4 Utarbeiding av forbedringsforslag

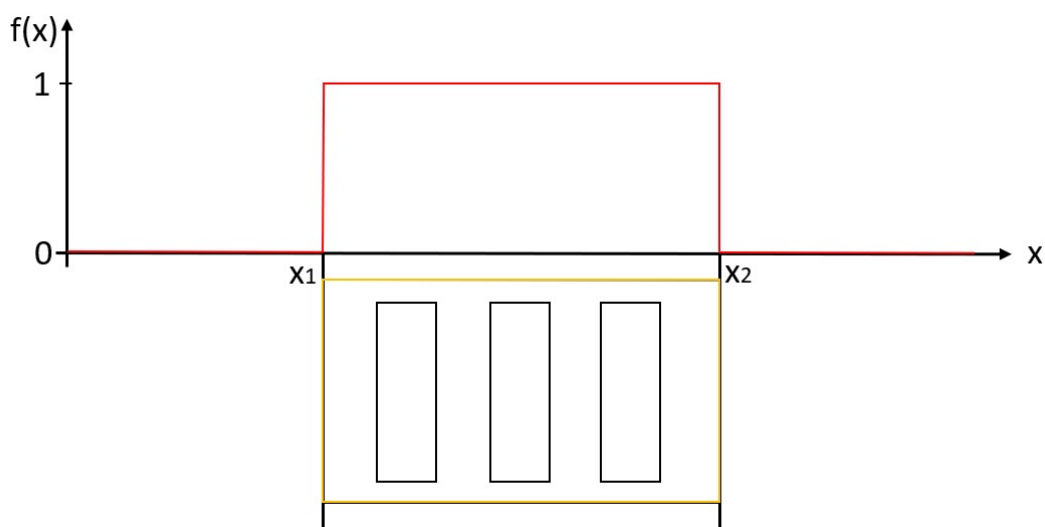
Sentralt i masteroppgaven og et av forskningspørsmålene omhandler hvordan fotgjengermodellen i Aimsun Next kan forbedres slik at man får mer realistiske simuleringer av konflikter i gangfelt. Arbeidet med dette har handlet om å utvikle en konseptuell teoretisk modell som, hvis implementert i Aimsun Next, har som hensikt å forbedre de eventuelle svakhetene man oppdager basert på erfaringer fra et gangfelt fra virkeligheten. Dette tilsvarer arbeid med det man finner på venstre side av Figur 1 beskrevet i Kapittel 2.1.1. Her vil det fokuseres på utvikling av en konseptuell modell som baserer seg på kunnskap om systemet som skal modelleres. For så å kunne formulere en hypotese på hvordan modellen som skal beskrive fotgjengersimulering i gangfelt kan fungere (J. Barceló 2010). Tidlige undersøkelser indikerte at modellen hadde svakheter knyttet til når og hvor fotgjengere var synlig for kjøretøy. Selv om analyseresultater vil bli presentert senere i Kapittel 4.1 og diskuteres i Kapittel 5, så ble det tidlig vurdert til at det kan være mulig å forbedre modellen med se på nettopp når og hvor fotgjengere er synlig ut fra gitte betingelser. En hypotese for utvikling av en modell som skal kunne fungere som et forbedringsforslag for fotgjengersimulatoren er

Konflikter mellom fotgjengere og kjøretøy kan beskrives på en mer realistisk måte ved å utvide området hvor fotgjengere blir synlig for kjøretøy ut fra gitte betingelser.

Den konseptuelle modellen tar utgangspunkt i et trafikksystem som består av et uregulert gangfelt hvor fotgjengere krysser en trafikkstrøm. Med bakgrunn i denne hypotesen vil det i de to neste delkapitlene presenteres metode for utvikling av teoretisk modell, som også inkluderer gjennomføring av feltobservasjoner.

#### 3.4.1 Teoretisk modell

Den teoretiske modellen tok utgangspunkt i en hypotese om hvordan det fremstår at fotgjengersimulering i gangfelt fungerer i Aimsun Next i dag. Utgangspunktet blir da å se på det som er konfliktområdet, som definert i Kapittel 2.4.1, slik at det for den teoretiske modellen antas at konfliktområdet dekker hele kjørefeltets og gangfeltets bredde. Deretter skal det sees på om dette kan utvikles videre gjennom en form for **influensområde** der fotgjengere og kjøretøy påvirker hverandre når det ikke nødvendigvis er risiko for kollisjon. Hvis synlighetsproblematikken som er utgangspunktet for masteroppgaven, og som også ble beskrevet kort i Kapittel 3.2.2 stemmer, så vil et slikt influensområde tilsvare konfliktområdet, slik som illustrert i Figur 20.



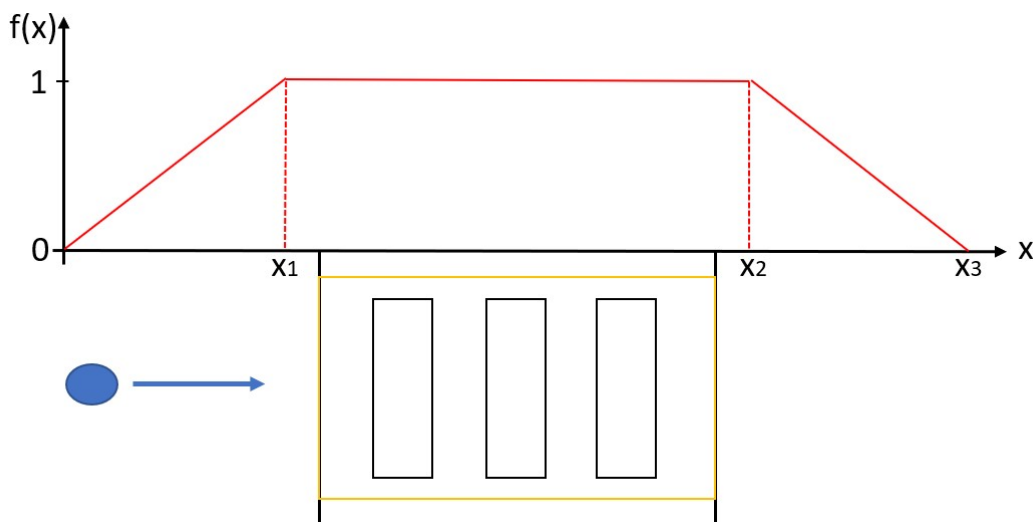
Figur 20: Illustrasjon av når influensområdet tilsvarer konfliktområdet.

Her er konfliktområdet det arealet som dekker hele kjørefeltet og gangfeltet sin bredde, illustrert

med gul markering. Influensområdet, markert med rødt, kan da beskrives som en steg-funksjon, hvor det enten er påvirkning på kjøretøy (1) eller ingen påvirkning (0) langs y-aksen, og lengde på influensområde langs x-aksen. Når influensområde er lik konfliktområdet er  $y = 1$  for  $x$  lik bredden  $B$  til et kjørefelt. Uttrykt som en funksjon  $f$  med  $B = x_2 - x_1$  får man da

$$f(x) = \begin{cases} f_1 = 0 & x < x_1 \wedge x > x_2 \\ f_2 = 1 & x_1 \leq x \leq x_2 \end{cases} \quad (14)$$

Med dette som utgangspunkt for dagens situasjon kan arbeidet med å utvikle en modell som ser på en utvidelse av influensområdet begynne. Ser fra nå av kun på en kryssretning. Om man ønsker at fotgjengere skal være synlig også utenfor konfliktområdet i modellen er ikke en slik beskrivelse representativ for påvirkningen fotgjengere har på kjøretøy. Det blir derfor naturlig å anta at det finnes en sone også utenfor gangfelt/kjørefelt hvor fotgjengere påvirker kjøretøy til å justere sin bevegelse. Samtidig kan det argumenteres for at forskjellige førere med ulik adferd har ulike grenser for når man blir påvirket til å begynne nedbremsing avhengig av når man ser en fotgjenger. En slik situasjon kan ikke lenger beskrives av en steg-funksjon hvor enten alle eller ingen er påvirket til å bremse. Jo nærmere en fotgjenger er sonen hvor "alle" bremser, jo flere er det naturlig å anta vil ha passert sin personlige grense for dette. På vei ut av gangfelt vil påvirkningen igjen avta. Fortauets ytterkant kan innledningsvis benyttes som en grense for 0 påvirkning. Personer som ikke befinner seg på fortauet vil altså ha null påvirkning på kjøretøy som nærmer seg gangfelt. Det finnes flere måter å kunne representere sammenhengen mellom andel av kjøretøy som blir påvirket og fotgjenger sin plassering på fortau. En slik sammenheng kan f.eks være lineær, kvadratisk, eksponentiell eller logaritmisk. Men uten grunnlag for å si hva som beskriver en slik fordeling best, forenkles det her til en lineær sammenheng. Da får man en situasjon som i Figur 21.



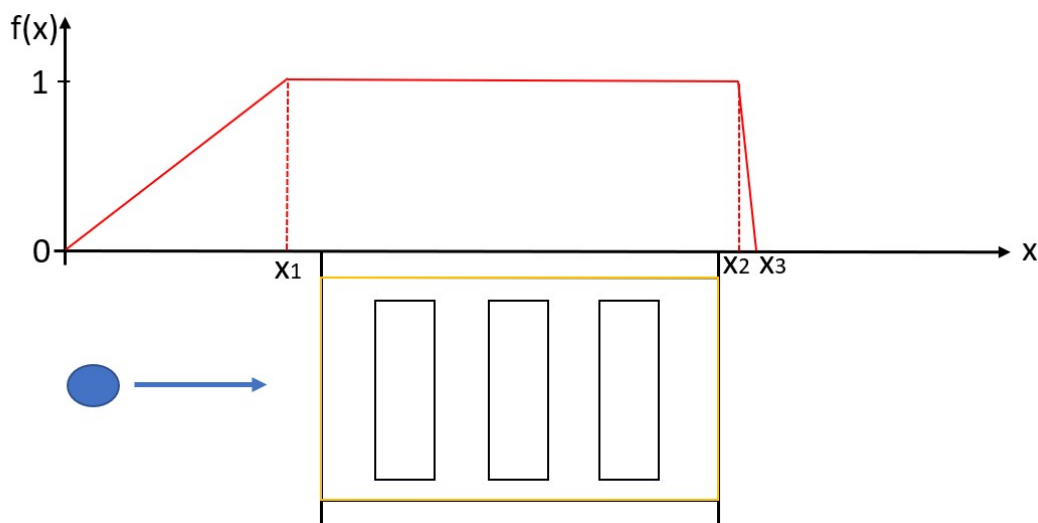
Figur 21: Utvidet influensområde med lineær fordeling av påvirket andel kjøretøy.

Det er også naturlig å undersøke når fotgjengere på vei ut av et gangfelt eller kjørefelt slutter å påvirke kjøretøyets aksepterte luke for passering når det skal krysse gangfeltet. Siden fotgjenger da beveger seg vekk fra konfliktområdet, er det mulig at denne delen av influensområdet er mindre enn på vei ut i gangfelt. Da vil man få et teoretisk influensområde som kan beskrives som

$$f(x) = \begin{cases} f_1(x) = \frac{x}{x_1} & 0 < x \leq x_1 \\ f_2(x) = 1 & x_1 \leq x \leq x_2 \\ f_3(x) = \frac{x_3 - x}{x_3 - x_2} & x_2 \leq x \leq x_3 \\ f_4(x) = 0 & x_3 < x \end{cases} \quad (15)$$

og er vist i Figur 22. Det poengteres igjen at denne kun gjelder for en kryssretning, som i Figur 22 er fra venstre mot høyre. For motsatt kryssretning kan modellen speiles. Modellen beskriver

til nå kun utstrekning i fortaus- og kjørefeltbredden på et teoretisk influensområde. For å avgjøre faktiske verdier på breddens utstrekning fra et teoretisk perspektiv kan man se på det punktet en fotgjenger befinner seg i, om et kjøretøy i en gitt hastighet skal klare å komme til full ro for å unngå kollisjon.



Figur 22: Illustrasjon over teoretisk influensområde basert på Ligning 15

Om man antar en konstant fart og reaksjonstid på  $t_r$  fra fører oppfatter situasjonen til bremsing begynner, og at retardasjonen under bremsing er konstant kan man for en rett vegseksjon benytte

$$\begin{aligned} x(t_r, t_{v_0}) &= x_1(t_r) + x_2(t_{v_1}) \\ &= v_0 \cdot t_r - \frac{1}{2} a \cdot t_{v_1}^2 \end{aligned} \quad (16)$$

I Ligning 16 er  $x_1$  lengden man kjører under reaksjonstiden, mens det andre leddet,  $x_2$ , er lengden man kjører under konstant retardasjon til man står i ro. Tiden man trenger på å deakselerere fra en gitt starthastighet  $v_0$  til full stopp  $v_1$  kan finnes ved løse Ligning 17.

$$v_1 = v_0 + at = 0 \rightarrow t = -\frac{v}{a} \quad (17)$$

Når man beregner stopplengde i henhold til Håndbok V120, så benyttes ligningen

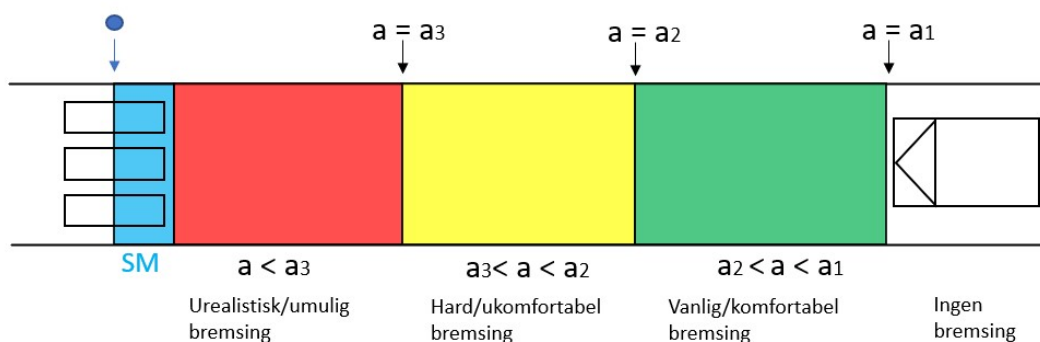
$$L_s = L_r + L_b = 0.278 \cdot t_r \cdot V + \frac{V^2}{254.3 \cdot (f_b + s)} [m] \quad (18)$$

hvor  $V$  er kjøretøyets hastighet i  $km/t$ ,  $L_r$  er reaksjonslengde med reaksjonstid  $t_r$  og  $L_s$  er bremselengde som er avhengig av friksjonen med underlaget ( $f_b$ ) og stiging/helling  $s$  (Statens vegvesen 2022b). Siden man her er interessert i grenseverdier for retardasjon er det ikke hensiktsmessig å benytte Ligning 18, men den kan brukes til å kontrollere om stopplengdene man får ved bruk av grenseverdier for et gitt underlag og helling er fornuftige.

Fra Ligning 16 og 17 ser man også at det er flere parameter som påvirker utstrekningen på et teoretisk influensområde. I tillegg til disse vil en sikkerhetsmargin mellom fotgjenger og kjøretøy også spille inn. Parameterene er oppsummert i Tabell 7. Man kan også benytte Ligning 16 og 17 til å definere soner for hvor kjøretøy bør og/eller må reagere for å unngå kollisjon/urealistiske og ukomfortable oppbremsinger for en gitt hastighet. En illustrasjon om hvordan dette kan se ut for en hastighet  $v$  er vist i Figur 23. Her vises grensene mellom sonene gitt i retardasjonsverdier, og hvilke verdier om tilhører hvilken sone. Her er sonen mellom  $a_1$  og  $a_2$  (grønn) området man har normal/komfortabel bremsing, sonen mellom  $a_2$  og  $a_3$  (gul) området for hard/ukomfortable men realistisk bremsing og sonen til venstre for  $a_3$  (rød) området hvor urealistiske/umulige verdier må til for å bremse.

Tabell 7: Oppsummering av parameter som påvirker influensområdet.

Parameter	Symbol	Enhet	Forklaring
Starthastighet	$v_0$	$[m/s]$	Hastigheten før kjøretøy reagerer på fotgjenger
Reaksjonstid	$t_r$	$[s]$	Tiden det tar fra kjøretøy oppfatter situasjon til bremsing begynner
Bremsetid	$t_{v_1}$	$[s]$	Tiden det tar fra bremsing begynner til kjøretøyet stopper
Retardasjon	$a$	$[m/s^2]$	Verdi som beskriver kraften i oppbremsing
Sikkerhetsmargin	$SM$	$[m]$ eller $[s]$	Minimumavstand i meter eller sekunder som kjøretøy skal holde til fotgjenger ved stopp.



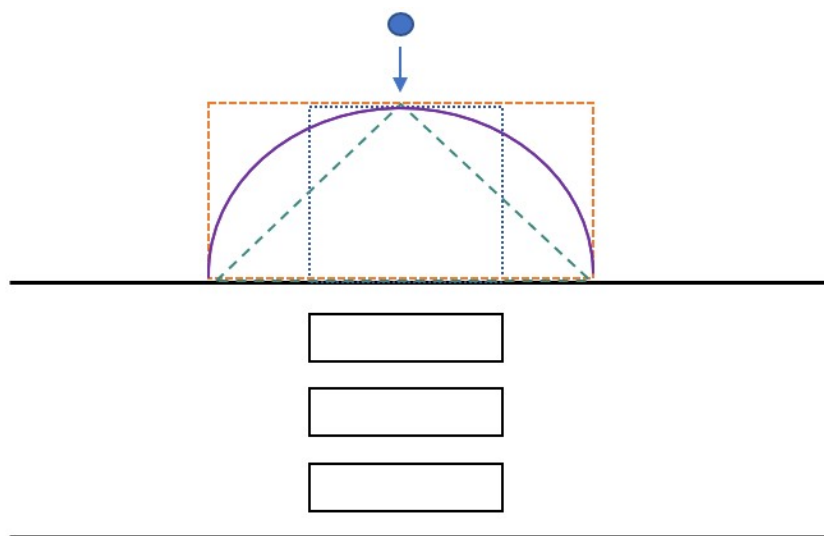
Figur 23: Illustrasjon av soner og grenseverdier for komfortabel, ukomfortabel og urealistisk retardasjon.

Ved å finne tiden det tar for et kjøretøy å forflytte seg distansen fra det oppdager fotgjengeren til det stopper, kan man også se på hvor langt en fotgjenger med en gangfart  $v_{ped}$  forflytter seg på samme tid. Ulike fotgjengere har forskjellig gangfart, som også gjelder ved uregulerte gangfelt (Forde og Daniel 2021). Ved å se på den gangfarten som tilbakelegger størst avstand i løpet av en gitt tid, vil man kunne bestemme en avstand fra gangfeltet som markerer en yttergrense for hvor et kjøretøy må ta fotgjenger med i betraktning. I en simulering vil dette være når fotgjenger blir synlig for kjøretøy. Om man antar at fotgjengere krysser veien ca. midt i gangfeltet, så kan man definere et punkt midt på gangfelt, i overgang mellom fortau og kjørefelt som utgangspunkt for utstrekning på influensområdet utenfor gangfelt. Som en forenkling kan man trekke en linje fra dette punktet over gangfeltet for å definere en konfliktlinje for kjøretøy i et konfliktområde. Altså antas det at fotgjenger og kjøretøy er i konflikt så lenge kjøretøy vil krysse konfliktlinjen når fotgjenger er å finne i det hypotetiske konfliktpunktet. Når fotgjenger er gjort synlig for kjøretøy kan det beregnes om det er nødvendig å justere kjøretøyets fart for å unngå å treffe fotgjenger i et hypotetisk kollisjonspunkt eller om luken er tilstrekkelig. Slik kan man også modellere at et kjøretøy som må bremse for en fotgjenger, kan gjøre en individuell vurdering for en fotgjenger som akkurat ble gjort synlig og befinner seg  $x$  meter unna gangfelt. Når fotgjenger trer inn i dette området, vil kjøretøy ut fra sin plassering kunne vurdere om det skal iverksettes bremsing, om denne skal være lett eller kraftig eller om tilgjengelig tidsluke er stor nok til å passere gangfelt uten at det vil hindre fotgjenger. Her kan man eksempelvis også kunne benytte sonene som i Figur 23 for å modellere en enkelt førers sannsynlighet for å velge oppbremsing eller å benytte tilgjengelig luke under grensetilfeller.

Det ble også sett på hvordan influensområdets geometri kan utformes. Influensområdet må ha utstrekning i både fortauets lengderetning og bredde, samt fange opp fotgjenger som kommer fra forskjellige retninger på gangfeltet. Utformingen kan ha flere mulige former. I en studie for å kvantifisere interaksjon mellom fotgjengere og kjøretøy fra 2021, ble et rektangulært område på

---

fortauet ved siden av kjørebanelen brukt som observasjonsfelt for å se på konfliktene (Zang mfl. 2021). Andre utforminger kan også være aktuelle, som for eksempel kvadratisk, triangulær eller radiell geometri. Vurderingene som ble gjort knyttet til å bestemme utforming er basert på en kombinasjon av det som har blitt presentert i dette delkapittelet og erfaringer fra virkeligheten gjennom feltobservasjoner. Eksempler på mulige geometriske utforminger er vist i Figur 24.



Figur 24: Eksempler på alternative geometriske utforminger av influensområdet.

### 3.4.2 Feltobservasjoner

Under arbeidet med å utvikle en konseptuell teoretisk modell som et forbedringsforslag, ble det behov for å innhente erfaring fra et gangfelt fra virkeligheten. Selv om det finnes mye teori innen trafikkavvikling, uregulerte kryss, fotgjengeradferd, samhandling, trafikkmodeller etc, så finnes det mindre som er skrevet spesifikt om modellering og simulering av konflikter mellom fotgjengere og kjøretøy i uregulerte gangfelt. For å kunne lage en teoretisk modell som støtter seg på mer enn allmenn oppfattelse, antagelser, utformingskrav og helt grunnleggende trafikkavviklingsteori etc., ble det bestemt at det skulle gjennomføres en observasjon i felt av et uregulert gangfelt som ligner på en utvidelse av grunnmodellen til to-felts veg.

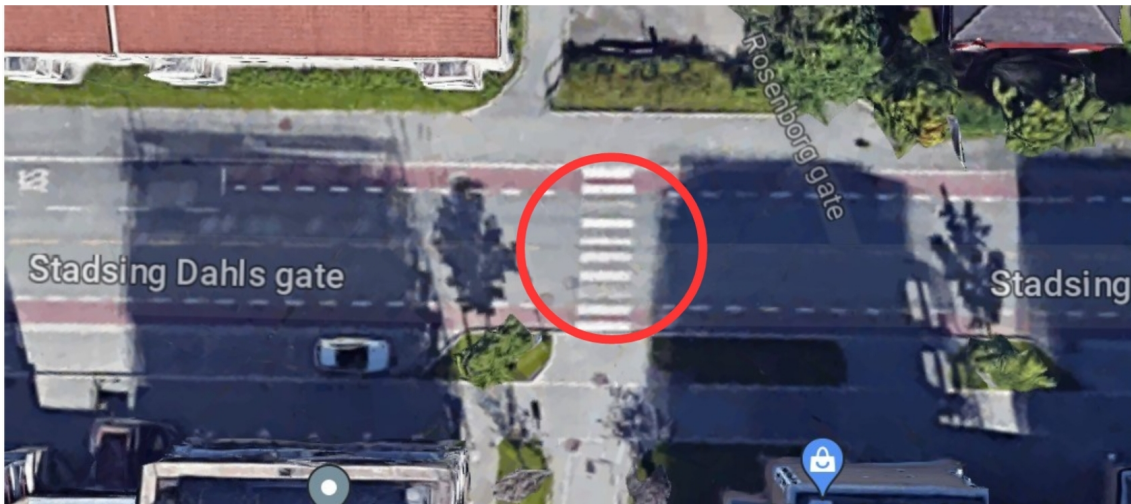
Det første som måtte gjøres var valg av lokasjon for observasjonene. Kriterier som en egnet plass burde oppfylle var følgende:

- Relativt rett vegstrekke.
- Minimum 40 *km/t*.
- Mulighet til å feste kamera, slik som lyktestolpe, skiltstolpe, gjerder etc.
- Uregulert gangfelt.
- Helst ikke kryss, men likest mulig en to-felts utvidelse av grunnmodell.
- Bør ha en viss trafikkmengde.

Ved å benytte Google Maps og Vegkart.no fra Statens vegvesen kunne aktuelle steder vurderes opp mot hverandre. Fra dette endte det opp med to aktuelle og passende alternativer:

- Alt. 1: Stadsing Dahls gate. Gangfelt mellom Rosenborg gate og Holbergsgate. Se Figur 25.
- Alt. 2: Eidsvolls gate. Gangfelt mellom Casparis gate og gangsti på enden av Rogerts gate. Se Figur 26.





Figur 25: Gangfelt i Stadsing Dahls gate markert med rød sirkel.

Kilde: Google Maps 2023



Figur 26: Gangfelt i Eidsvoll's gate markert med rød sirkel.

Kilde: Google Maps 2023

Deretter ble de to alternativene vurdert opp mot hverandre etter kriteriene, fordeler og ulemper. En oppsummering av denne prosessen er vist i Tabell 8. Fra Tabell 8 så ser man at Alternativ 1, Stadsing Dahls gate, huker av på flest kriterier. Det var etter befaring også sjekket at det var mulighet for å montere kamera på begge sider av vegen. Et minus er at på denne strekningen er det også sykkelfelt på hver side som egentlig ikke var ønsket da det viker noe fra modell. Derimot ble det besluttet å gå for Alternativ 1 og heller benytte sykkelfeltene som en plasseringsindikator ved observasjonene.

Selve observasjonene ble gjennomført gjennom å studere videoopptak fra fotgjengere som krysser. Kamera av typen GoPro 7 ble plassert på hver side av vegen med god oversikt over gangfeltet. Plassering av de to kameraene er vist i Figur 27. Kameraene ble plassert på en slik måte at det ikke er mulig å identifisere personer eller kjøretøyenes registreringsnummer med tanke på dagens regelverk for personvern. Avstanden til kameraene på hver side av bildet ble målt via måleverktøyet til Google Maps, da nøyaktig avstand ikke var det viktigste her. Kamera 1 ble plassert på Holbergs gate siden, mens kamera 2 ble plassert på Rosenberg gate siden av gangfeltet. Målt avstand til start av gangfelt er gitt i Tabell 9.

Tabell 8: Oppsummering av egenskaper for de to alternativene til lokasjon.

Alternativ	Fartsgrense	Rett strekke?	Kryss?	ÅDT	Vegbredde
Stadsing Dahls gate	40 km/t	Ja	Nei	8000	ca 9.5 m
Eidsvoll's gate	40 km/t	Nei. Både horisontal og vertikal kurvatur	Nei. Men inn- og utkjørsel til boligfelt	7000	ca 6.5 m



Figur 27: Kameraplassering og målt avstand.

Kilde: Google Maps 2023

Tabell 9: Avstand fra kamera til start av gangfelt.

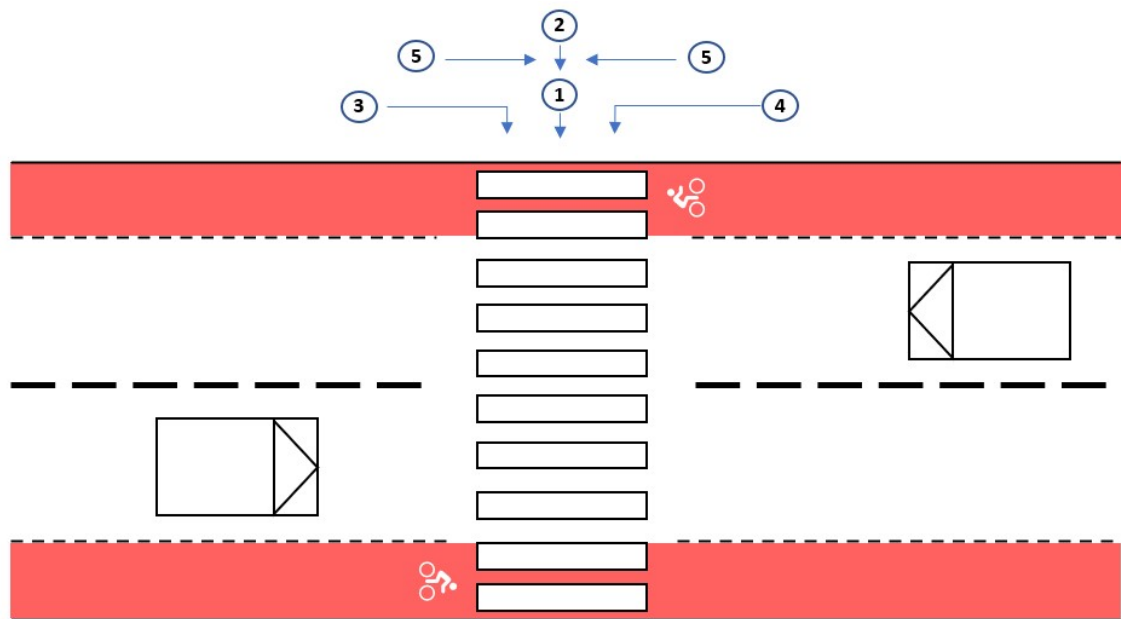
Kamera #	Avstand [m]
Kamera 1	30.94
Kamera 2	39.30

Planen for gjennomføring av observasjoner var at forfatter selv skulle krysse som fotgjenger for å kunne kontrollere startpunkt ved kryss, adferd (passiv/aggressiv/samhandling) og bevegelsesretning på fortau. Mulige bevegelser (sett fra en side av vegen) er vist i Figur 28. I tillegg ble følgende to adferdsmønstre definert på forhånd:

- A: Lav grad av samhandling/aggressiv adferd.
  - Lite eller ingen tydelig blikkontakt.
  - Kort eller ingen pause før kryssing.
- B Høy grad av samhandling/passiv adferd.
  - Søker tydelig blikkontakt.
  - Tydelig eller lang pause før kryssing.

slik at man kan undersøke ulike kombinasjoner av 1-5A og 1-5B og hvordan det påvirker influensområdet. Det viste seg dog at dette var vanskeligere å gjennomføre i praksis når man skulle observere underveis, samtidig som man oppførte seg naturlig og fikk nok observasjoner, så observasjonene ble på stedet omgjort til å se på en kombinasjon av “ekte” fotgjengere og at forfatter selv krysset på naturlig vis i perioder uten mye fotgjengere. Videoopptakene ble deretter gjennomgått, konfliktene beskrevet og loggført i et Exceldokument med intensjon om at analysen av disse kan bidra til å definere et teoretisk influensområde i den teoretiske modellen. Totalt ble det gjort observasjoner i ca 45 minutter.





Figur 28: Bevegelsesmønster foran gangfelt.

---

## 4 Resultat

I dette kapittelet presenteres resultater knyttet til analysen som ble gjort av fotgjengersimulatoren, resultater fra feltobservasjoner og resulterende forbedringsforslag for fotgjengersimulatoren.

### 4.1 Analyse av modeller

#### 4.1.1 Telling av konflikter fra simulering

For å kunne svare på problemstillingen gitt i Kapittel 1.2 ble det gjennomført en analyse av fotgjengersimulatoren gjennom å konstruere konflikter mellom fotgjengere og kjøretøy i gangfelt i flere modeller. Resultater fra ni ulike kombinasjoner av trafikkmengde for kryssende trafikstrømmer ble undersøkt for grunnmodellen, som gikk ut på å telle antall realistiske og urealistiske konflikter ut fra kriterier tidligere gitt i Kapittel 3.2.2. En oppsummering av resultatene for disse undersøkelsene er gitt i Tabell 10. Resultatene i Tabell 10 viser at 52 prosent av konfliktene som ble

Tabell 10: Antall realistiske og urealistiske konflikter for simuleringer av grunnmodell.

Traf.komb (Kjt.-Fotgj.)	Realistisk	Urealistisk	Totalt	% Urealistisk
1: Lav-Lav	1	7	8	88%
2: Lav-Mid	20	15	35	43%
3: Lav-Høy	19	27	56	59%
4: Mid-Lav	13	15	28	54%
5: Mid-Mid	28	29	57	51%
6: Mid-Høy	52	50	102	49%
7: Høy-Lav	19	23	42	55%
8: Høy-Mid	47	52	99	53%
9: Høy-Mid	87	95	182	52%
Totalt	286	313	599	52%

observert under simulering med grunnmodellen er urealistiske ut fra kriteriene. Man kan også se at for simuleringer med lav kjøretøystrøm er der avviket fra middelerdien er størst, mens for middels og høy kjøretøystrøm er avviket fra urealistisk andel langt mindre. Her ligger andelene urealistisk konflikt mellom 49 og 55 prosent for de ulike simuleringene. Samme type telling ble også utført for en utvidelse av grunnmodellen slik at det var fotgjengere som krysset fra begge sider av kjørefeltet. Dette tilsvarer en dobling av lav, middels og høy fotgjengerstrøm sammenlignet med grunnmodellen. Dette ga en markant økning i antall konflikter og dermed også en økning i datagrunnlaget som det telles antall urealistiske konflikter fra. Resultater fra ni simuleringer av utvidet grunnmodell med fotgjenger kryssende fra begge sider er vist i Tabell 11. Også her viser resultatene at litt over

Tabell 11: Antall realistiske og urealistiske konflikter for simuleringer av utvidet grunnmodell.

Traf.komb (Kjt.-Fotgj.)	Realistisk	Urealistisk	Totalt	% Urealistisk
1: Lav-Lav	10	8	18	44%
2: Lav-Mid	16	26	42	62%
3: Lav-Høy	22	41	63	65%
4: Mid-Lav	36	39	75	52%
5: Mid-Mid	64	69	133	52%
6: Mid-Høy	92	110	202	54%
7: Høy-Lav	61	57	118	48%
8: Høy-Mid	133	123	256	48%
9: Høy-Mid	209	211	420	55%
Totalt	643	684	1327	52%

halvparten av konfliktene som ble analysert er blitt klassifisert som urealistiske. Antall analyserte konflikter ble som ventet kraftig økt, slik at det totale datagrunnlaget for å bestemme andel

urealistiske konflikter kan bestemmes ut fra totalt 1926 konflikter fra de 18 ulike simuleringene. En oppsummering av sammenslåtte resultater fra de to modellene og de totalt 18 simuleringene er gitt i Tabell 12.

Tabell 12: Oppsummering av talte konflikter.

Konflikter totalt	Antall urealistiske	Andel urealistiske [%]
1926	997	52%

En del av fremgangsmåten som ble beskrevet i Kapittel 3 var å finne de modellene og kombinasjonene av trafikkmengder som gjorde at man både fikk et solid datagrunnlag, men også gjorde det enklest mulig å isolere konfliktene fra hverandre for å kunne beskrive dem. Resultatene i Tabell 10 og 11 danner derfor også et nyttig delresultat til denne prosessen. Man ser fra begge tabellene at de lave kjøretøymengdene gir størst variasjon og avvik fra middelveiden til andelen urealistiske konflikter, slik at de alene danner et tynnere grunnlag. Samtidig så gir de største trafikkmengdene, ikke overraskende, større volum av totalt antall konflikter. Dette i kombinasjon med at man for flere trafikkstrømmer (enten to-felts vegseksjon eller fotgjengere fra begge sider) fikk problemer med å isolere konfliktene for grundigere analyse, ble det derfor valgt å gå videre med de seks simuleringene fra grunnmodellen som har lav og middels kjøretøystrom for videre analyse av årsak og fordeling av de urealistiske konfliktene. Fullstendig oversikt over alle tellinger og beregninger som ble utført kan sees i vedlegg.

I forbindelse med analyse av urealistiske konflikter, som Kapittel 4.1.2 vil gå nærmere inn på, ble det også talt konflikter for en utvidelse av grunnmodell som hadde to motgående kjørefelt. Med trafikkombinasjon 5 (middels kjøretøystrom og middels fotgjengerstrom) ble det talt totalt 84 konflikter for denne simuleringen. Fordelingen er vist i Tabell 13. Ser fra dette at også denne simuleringen har en fordeling av realistiske og urealistiske som ligger nære middelveiden for alle talte konflikter.

Tabell 13: Talte konflikter og fordeling av disse for utvidelse av grunnmodell med to motgående kjørefelt og trafikkombinasjon.

Realistisk	Urealistisk	Totalt	%Urealistisk
41	43	84	51%

#### 4.1.2 Analyse av urealistiske konflikter

Denne masteroppgaven har undersøkt hvilke svakheter fotgjengersimulatoren kan ha og hva som eventuelt er årsaken bak. For å kunne svare på dette ble det gjennomført en kartlegging av forskjellige urealistiske hendelser knyttet til konfliktene. Hver enkelt urealistiske konflikt for grunnmodellens simulering med lav og middels kjøretøystrom ble analysert og loggført, da disse var enklest å isolere og dermed beskrive. Fra grunnmodellen ble det totalt studert 142 konflikter i detalj. De typekonfliktene som gikk igjen var

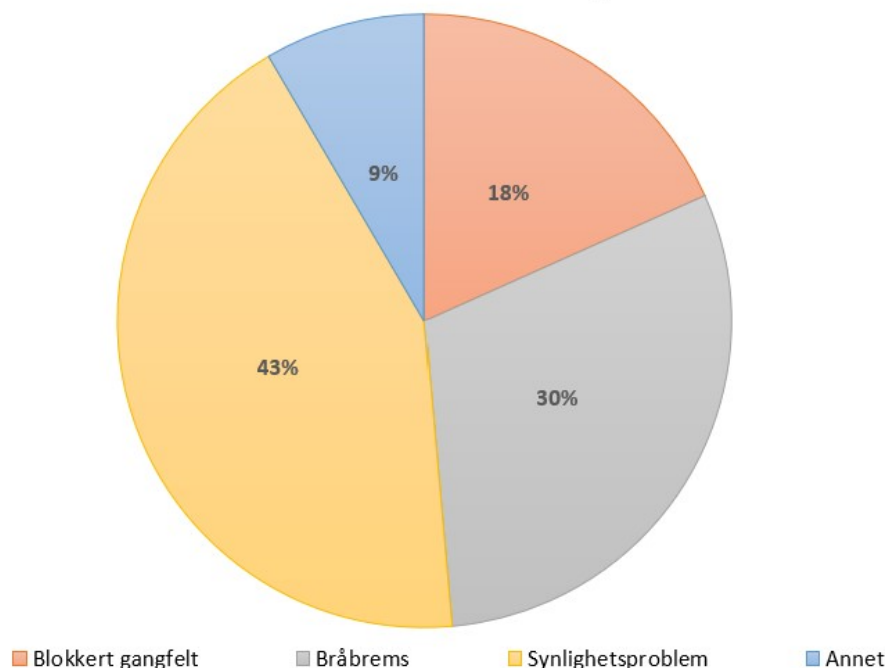
- Bråbrems knyttet til synlighet/sen reaksjon.
- Tilsynelatende et synlighetsproblem med tanke på blant annet når reaksjon fra kjøretøy ble iverksatt, størrelse på retardasjon, urealistisk beskrivelse av forventet oversikt eller interaksjon etc.
- Kjøretøy som blokkerer gangfelt for fotgjenger, fordi fotgjenger ikke oppdages tidnok.
- Kollisjon/kontakt mellom kjøretøy og fotgjenger.

Det ble også loggført konflikter under "Annet", som for eksempel ekstreme retardasjonsverdier. Mengden og fordelingen av de ulike konflikttypene er presentert i Tabell 14, og andelen er grafisk fremstilt i Figur 29.

Tabell 14: Fordeling av urealistiske konflikttyper ved simulering av grunnmodell (trafikkkombinasjoner 1-6).

Konflikttype	Antall
Synlighetsproblem	61
Bråbrems relatert til synlighet	43
Blokkert gangfelt	26
Kollisjon	0
Annet	12
Alle	142

Andel av ulike urealistiske konflikter for grunnmodell



Figur 29: Andel av forskjellige urealistiske konflikttyper i prosent.

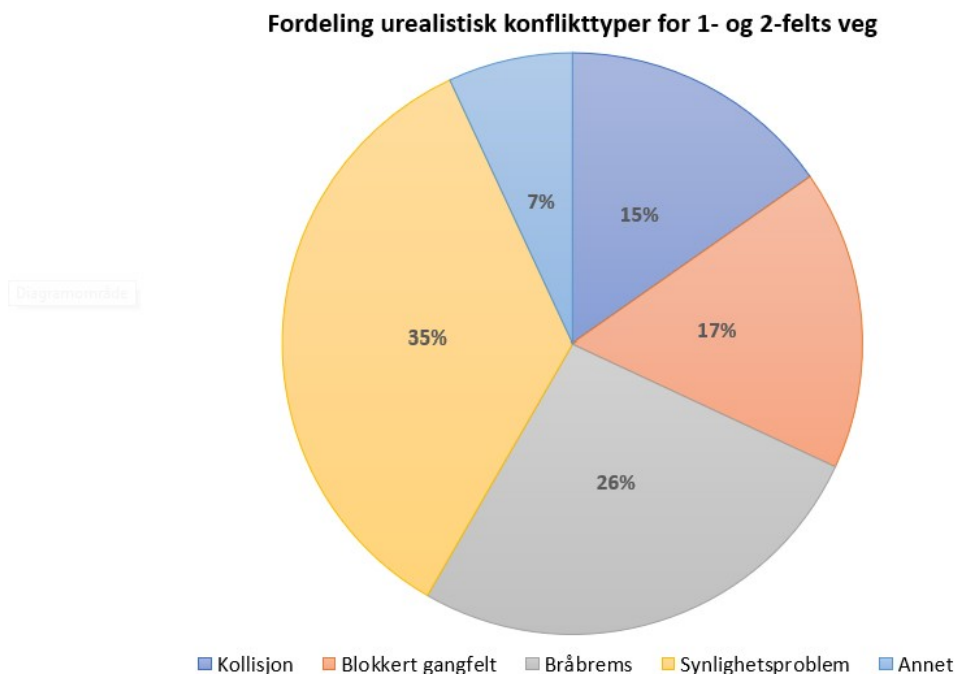
Man ser fra disse resultatene at det for grunnmodellen er tre konflikttyper som skiller seg tydelig ut. *Synlighetsproblemer* omfatter hendelser som kan ha ulik årsak for hvorfor det registreres som urealistisk, men som alle har en fellesnevner om at det er beskrivelsen av når eller hvor fotgjenger gjøres synlig som gjør det urealistisk. En mer tydelig konflikttype er *Bråbrems*, siden dette kan måles gjennom kraftig retardasjon og at kjøretøyet faller (mer eller mindre) til ro. Disse utgjorde, som Figur 29 viser, ca 30 prosent av alle urealistiske konflikter som ble analysert. Sammen med *Blokkerte gangfelt* utgjør disse tre konflikttypene 91 prosent av grunnmodellens urealistiske konflikter. Det observeres også at det under disse simuleringene ikke ble loggført tilfeller av kollisjoner/kontakt mellom kjøretøy og fotgjengere.

Siden grunnmodellen kun dekker tilfeller for et kjørefelt, ble det gjort samme type vurderinger for utvidelsen av grunnmodell til to motgående kjørefelt og deretter å kunne sammenligne med samme kombinasjon av trafikkmengde for grunnmodellen. Disse resultatene fra de urealistiske konfliktene er vist i Tabell 15.

Tabell 15: Konflikttyper for én-felts og to-felts vegseksjon med kryssende fra én side.

Modell; Trafikkomb.	Synlighetsprob.	Bråbrems	Blokkert	Kollisjon	Annet	Totalt
1-felts; Mid-Mid	15	7	3	0	4	29
2-felts; Mid-Mid	10	12	9	11	1	43
Totalt	25	19	12	11	5	72

Fra Tabell 15 ser man igjen at det er *Synlighetsproblemer*, *Bråbrems* og *Blokkert gangfelt* som sammen utgjør de fleste konfliktene ved simulering av modell med trafikkombinasjon 5. Derimot skiller utvidet modell (til to-felts vegseksjon) seg ut med at det oppstår totalt 11 kollisjoner mellom fotgjengere og kjøretøy under simulering. Dette vil bli næyere presentert i delkapittel 4.1.3. Når man kombinerer de to resultatene ser man at fordelingen av type konflikter ligner fordelingen for kun analysen gjort av grunnmodellen. Hovedforskjellen er som nevnt at det også oppstår kollisjoner. Samlet fordeling er fremstilt grafisk i Figur 30.



Figur 30: Fordeling av urealistiske konflikttyper for én-felts og to-felts modell med trafikkombinasjon 5.

En ca. avstand til gangfelt ble også loggført for både kjøretøy og fotgjenger for de registrerte urealistiske konfliktene for disse simuleringene. For fotgjenger sin avstand fra gangfelt ble det fra 142 konflikter funnet at 135 konflikter oppsto mens fotgjenger var på vei mot gangfeltet, mens totalt 7 skjedde i gangfelt eller på vei ut. Av disse ble det for 16 stykk ikke satt en tallverdi da det var vanskelig å anslå når konflikten startet. Sistnevnte skjedde utelukkende når kjøretøy blokkerte gangfeltet. Et ca. estimat på avstand til hver enkelt fotgjenger viser at de aller fleste retardasjoner starter når fotgjenger er mellom 0-0.5 meter fra å begynne kryssing av gangfeltet. For en slik fordeling ble det bestemt, av hensyn til systematisering, at grensen mellom fortau og kjørefelt velges som nullpunkt. Positive verdier beskriver avstand til kjørefelt og bevegelse mot nullpunkt, mens negative verdier beskriver bevegelse vekk og avstand fra nullpunkt. Fordelingen som ble funnet er vist i Tabell 16. Fra dette kan man også se at av alle de analyserte konfliktene så starter interaksjonen mellom kjøretøy og fotgjenger når fotgjenger er innen for 0.5 meter fra kjørebane for 102 av totalt 142 tilfeller, som tilsvarer ca. 72 prosent.

Tabell 16: Avstand til nullpunkt på gangfelt for fotgjenger.

Ca. avstand til nullpunkt. [m]	Antall konflikter
0 – 0.5	102
0.5 – 1.0	16
1 – 2	1
0 – 1	2
-1 – -2	0
-2 – -3	5
N/A; På vei til å krysse	15
Totalt	142

Avstanden kjøretøy hadde fra gangfelt ved start av konflikt ble analysert på lignende vis og viser at litt over halvpraten av konfliktene oppstår når kjøretøy er mellom 0 til 10 meter fra gangfelt. Konfliktene som oppstår innenfor dette utgjør totalt 72 tilfeller. Dette er ikke medregnet tilfeller som skjer i gangfelt, som sammen med tallfestede avstander og de som ikke var mulig å avgjøre utgjør 38 av det totale antall tilfeller. Det forteller oss at 110 av 142 tilfeller av urealistisk konflikt skjer innen for et område på 10 meter fra gangfelt pluss gangfeltet selv. Sammen indikerer disse resultatene for fotgjenger og kjøretøy at de fleste konfliktene kan skyldes sen reaksjon fra kjøretøy med tanke på kjøretøy og fotgjenger sin plassering fra gangfelt. Avstandsfordelingen for kjøretøy for simuleringer gjort med grunnmodell og trafikkkombinasjon 1 til 6 er vist i Tabell 17. Det ble også

Tabell 17: Fordeling av avstand til gangfelt for kjøretøy ved urealistisk konflikt.

Ca. avstand til gangfelt. [m]	Antall konflikter
0–5	49
5–10	23
10–15	14
15–20	10
20–35	8
N/A / I gangfelt	38
Totalt	142

undersøkt i om det finnes en sammenheng mellom avstanden til gangfeltet og retardasjonsverdi, og hvor stor andel av retardasjonsverdiene som kan sies å være urealistisk med tanke på virkeligheten. Akselerasjons- eller retardasjonsverdi ved start av konflikt, samt maksimal retardasjonsverdi for hver konflikt ble loggført og ble etter samråd med veileder sortert i tre grupper (A. Aakre 2023):

- Mellom 0 og  $-4 \text{ m/s}^2$ : Rett side av grenseverdi for komfortabel/høflig oppbremsing på tørr asfalt .
- Fra  $-4$  til  $-8 \text{ m/s}^2$ : Lavere enn grenseverdi, men fortsatt realistiske verdier på tørr asfalt.
- Verdier lik eller lavere enn  $-8 \text{ m/s}^2$ : Urealistiske verdier på tørr asfalt.

I tillegg er det tilfeller av blokkert gangfelt hvor det ikke er retardasjon, eller hvor det kanskje til og med akselereres. Fordelingen av konflikter for både start- og maksverdier for akselerasjon/retardasjon kan ses i Tabell 18.

Tabell 18: Fordeling av konflikter etter akselerasjons-/retardasjonsverdier.

[m/s <sup>2</sup> ] Aks./ret, $a_i$	Konflikter for:	
	$a_{start}$	$a_{maks}$
$a_i > 0$	10	3
$a_i = 0$	29	29
$0 < a_i < -4$	51	38
$-4 \leq a_i < -8$	19	32
$a_i \leq -8$	32	39
N/A	1	1
Totalt	142	142

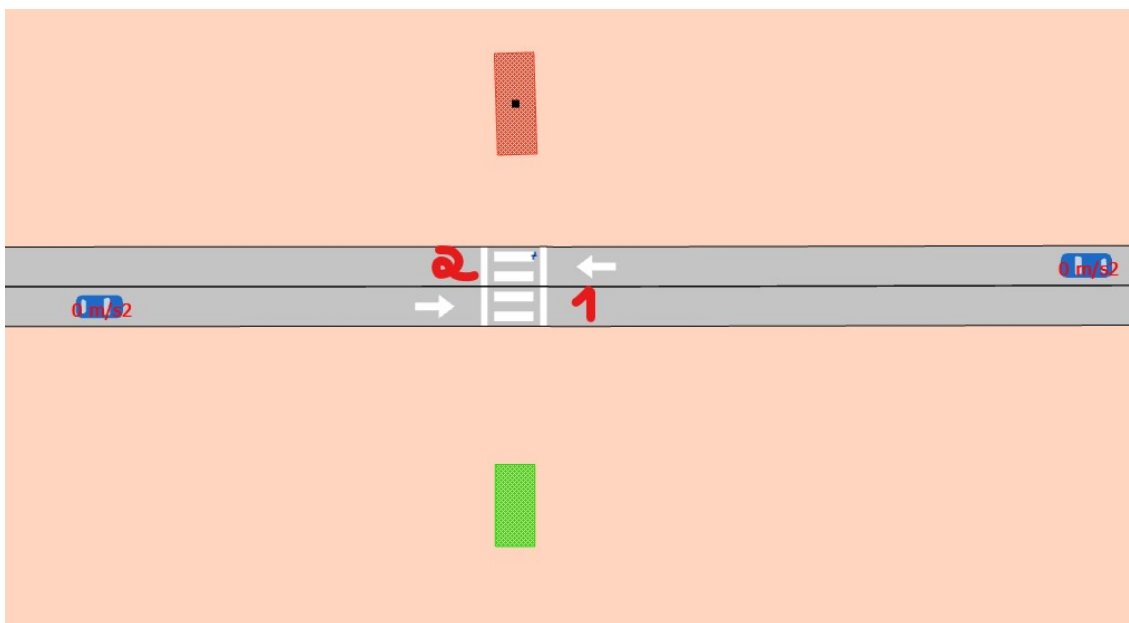
Disse resultatene viser at

- 50% (71 av 142) av konfliktene har sin største retardasjonsverdi over fastsatt grenseverdi.
- 27% (39 av 142) av konfliktene har en maksimal retardasjonsverdi over definert grense for realistisk verdi.
- 65% (71 av 109) av konfliktene er under definert grenseverdi hvis man ser på de 109 tilfellene med fartsreduksjon.

Hvor mange av de urealistiske konfliktene som oppsto når fotgjenger og kjøretøy hadde en gitt avstand til gangfelt ble også undersøkt. Som nevnt oppsto 102 av 142 konflikter når fotgjenger var mindre eller lik 0.5 meter fra gangfelt, og for kjøretøy var det totalt 72 av 142 som var i en konflikt om avstanden til gangfelt var 10 meter eller mindre. Det viser seg også at det er 57 urealistiske konflikter hvor både fotgjenger er mindre eller lik 0.5 meter og kjøretøy er mindre eller lik 10 meter fra gangfelt. Av disse igjen er 30 av 57 konflikter av typen hvor retardasjonsverdier er mindre eller lik -4, og også 19 av 57 har retardasjonsverdier mindre eller lik -8. Disse resultatene indikerer at korte avstander til gangfelt ved konfliktstart for de involverte kan være en forklaring på at mange konflikter får en urealistisk beskrivelse. Alle beregninger og behandlet data kan sees i sin helhet i vedlegg.

#### 4.1.3 Konflikter for gangfelt over to motgående kjørefelt

Det ble i Kapittel 4.1.2 presentert at det oppstår kollisjoner under simulering av modell med to motgående kjørefelt og at dette kun ble observert at skjedde her. Modellen ble bygget slik at de to kjørefeltene lå så nærme hverandre som mulig uten å faktisk overlappe. Dette ble gjort for å simulere at gangfeltet ikke har en trafikkøye eller annen form for ventesone mellom kjørefeltene, men heller går kontinuerlig over hele den to-felts vegseksjonen. En illustrasjon av modellen og situasjonen er vist i Figur 31. Kjørefelt 1 var det feltet nærmest der fotgjenger begynner kryssing,



Figur 31: Illustrasjon av simulering av modell med to-felts vegseksjon og fotgjengerstrøm i én retning

mens Kjørefelt 2 er feltet lengst unna. Under kartleggingen av de urealistiske konfliktene for denne modellen ble samtlige kollisjoner registrert i Kjørefelt 2. Samtidig ble det observert at kjøretøyene oppførte seg annerledes på vei mot en konflikt i gangfelt enn det resultatene for grunnmodellen viste. En kort beskrivelse av det som ble observert er derfor nødvendig å presentere og er som følger:

Fotgjenger ble oppdaget senere enn for de fleste tilfellene for grunnmodellen. Ofte et godt stykke inn i Kjørefelt 2. Samtidig fikk man da også retardasjonsverdier som ikke klarte å forhindre kollisjon f.eks ved bruk av urealistiske verdier som ble observert for grunnmodellen vist i delkapittel 4.1.2. Når kjøretøy kolliderte med fotgjenger havnet fotgjenger gjerne under kjøretøy og ble blokkert fra å gå videre. Når dette skjedde akselererte som regel kjøretøyene igjen, som om det ikke lenger var fotgjenger i feltet. Når kjøretøy ikke blokkerte fotgjenger kunne fotgjenger fortsette kryssing.

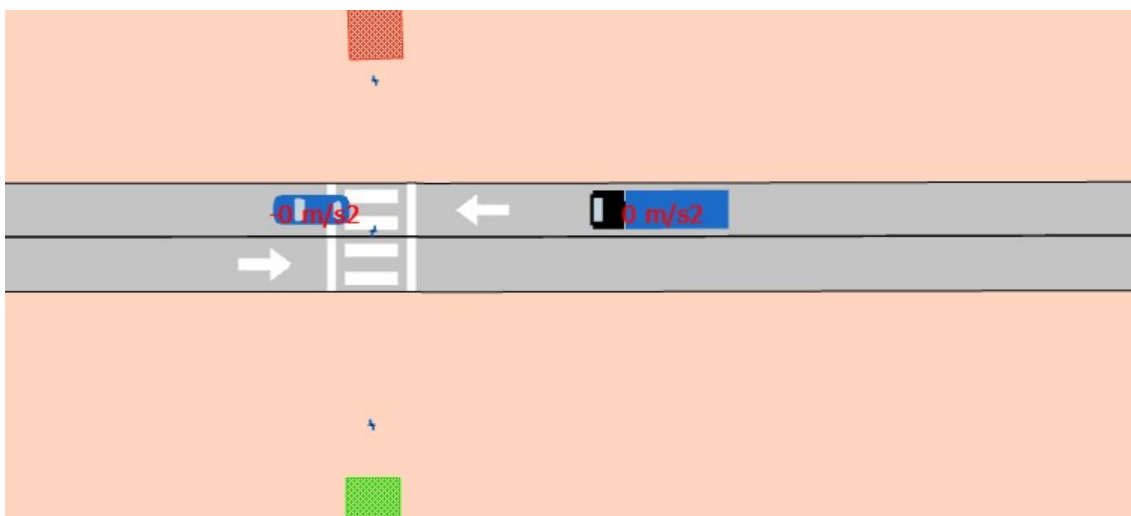
I utgangspunktet er seksjoner i Aimsun Next uavhengig av andre nærliggende seksjoner om de ikke er direkte forbundet med hverandre gjennom noder (Aimsun 2022e). Dette betyr at kjøretøy som

---

kjører mot hverandre ikke påvirker hverandres adferd og konflikter mellom dem kan kun skje i noder eller rundkjøringer. Dette betyr også at for et fotgjengerfelt vil det for to motgående kjøretøyer i praksis simuleres to uavhengige kjørefelt med to uavhengige gangfelt. Om disse ligger nærme eller langt fra hverandre skal derfor i utgangspunktet ikke ha innvirkning på simuleringen av konflikter annet enn at forskjellige avstander vil plassere forskjellige fotgjengere og kjøretøy på ulike steder til en gitt tid. Men på bakgrunn av observasjonene så kan det virke som at fotgjengere som påvirker et kjøretøy som befinner seg i Kjørefelt 1 ikke samtidig påvirker kjøretøy i Kjørefelt 2 selv om det ville vært en naturlig beskrivelse av en fotgjenger som for eksempel befinner seg ca. midt i vegen. Dette vil i så fall i praksis føre til en indirekte påvirkning på hvordan konflikter kan simuleres. Derfor ble det undersøkt hvilke avstander mellom seksjoner som indirekte kan påvirke at simuleringer av konflikter i Aimsun Next gir ulik beskrivelse av type konflikter som kan oppstå, som for eksempel kollisjoner. Ved å kjøre samme modell, med samme scenario, bare ved å eksperimentere med avstanden mellom seksjonene ble det funnet at:

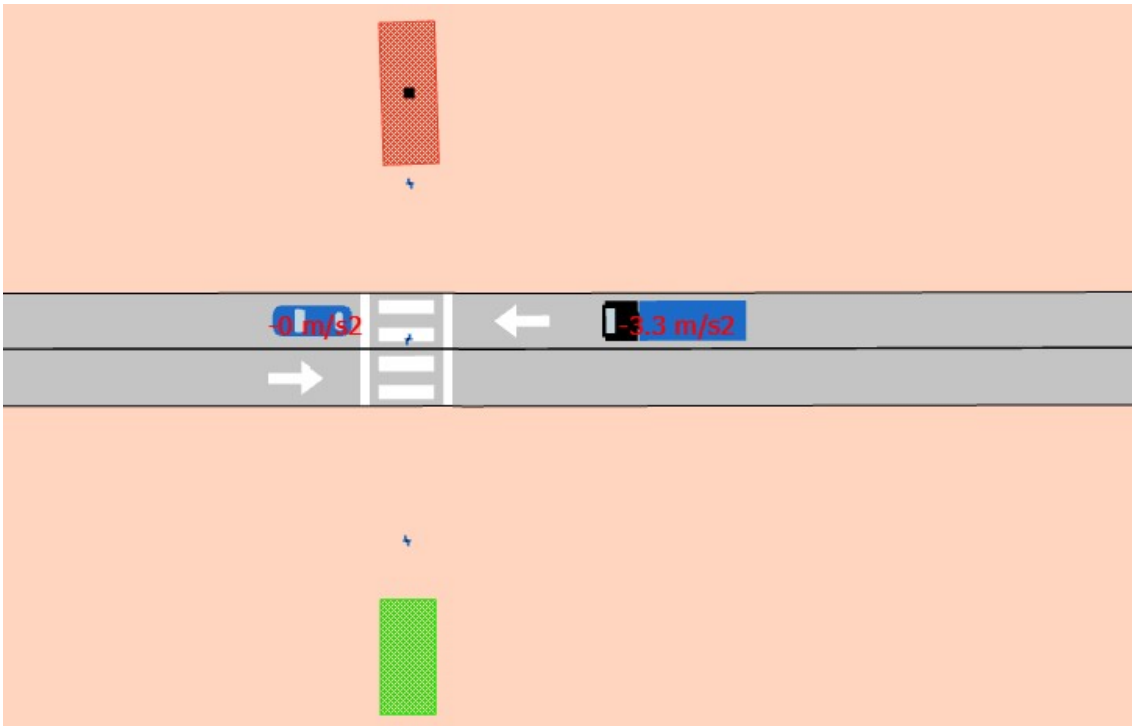
- Ved små avstander (f.eks 0-0.5 meter) så oppstår fortsatt kollisjoner eller samme type sen reaksjon av kjøretøy på fotgjenger.
- Ved større avstander (større eller lik 1 meter) så opptrer kjøretøy i begge kjørefelt som observert i grunnmodell og de samme type konfliktene virker å oppstå med tanke på retardasjonverdier, avstand fra gangfelt når retardasjon begynner og ingen kollisjoner.
- Om man legger seksjoner slik at de overlapper hverandre, så simuleres ikke kollisjon mellom kjøretøy som beveger seg mot hverandre, men kollisjon mellom kjøretøy og fotgjenger kan oppstå. Det første er i tråd med at seksjoner som ikke er koblet sammen ikke påvirker hverandre, mens det andre bygger opp under observasjoner gjort for små avstander mellom seksjonene.

Eksempel på en kollisjon som oppsto under simuleringen for modell med seksjoner liggende inntil hverandre er vist i Figur 32 - 34, der man kan se utviklingen fra før kollisjon, via øyeblikket etter kjøretøy reagerer, til selve kollisjonen. Deretter ble samme scenario simulert på nytt men med forskjellig plassering av seksjonene. Det som observeres fra dette illustrerer at avstanden mellom seksjoner faktisk kan utgjøre en forskjell på konfliktene som oppstår og hvordan disse utspiller seg, som resulterer i null kollisjoner av typen som ble vist i Figur 34. Når avstanden blir stor nok opptrer seksjonene som to uavhengige seksjoner med to uavhengige gangfelt, men ved for liten avstand så fremstår det som at fotgjenger som okkuperer et område i Kjørefelt 1 ikke kan påvirke Kjørefelt 2 samtidig. Dette gir en indirekte påvirkning på to felt som i utgangspunktet ikke skal påvirke hverandre. Fra de simuleringene og observasjonene som ble gjort ble det ikke funnet en klar årsaken til dette, men mulige forklaringer vil bli diskutert i Kapittel 5.

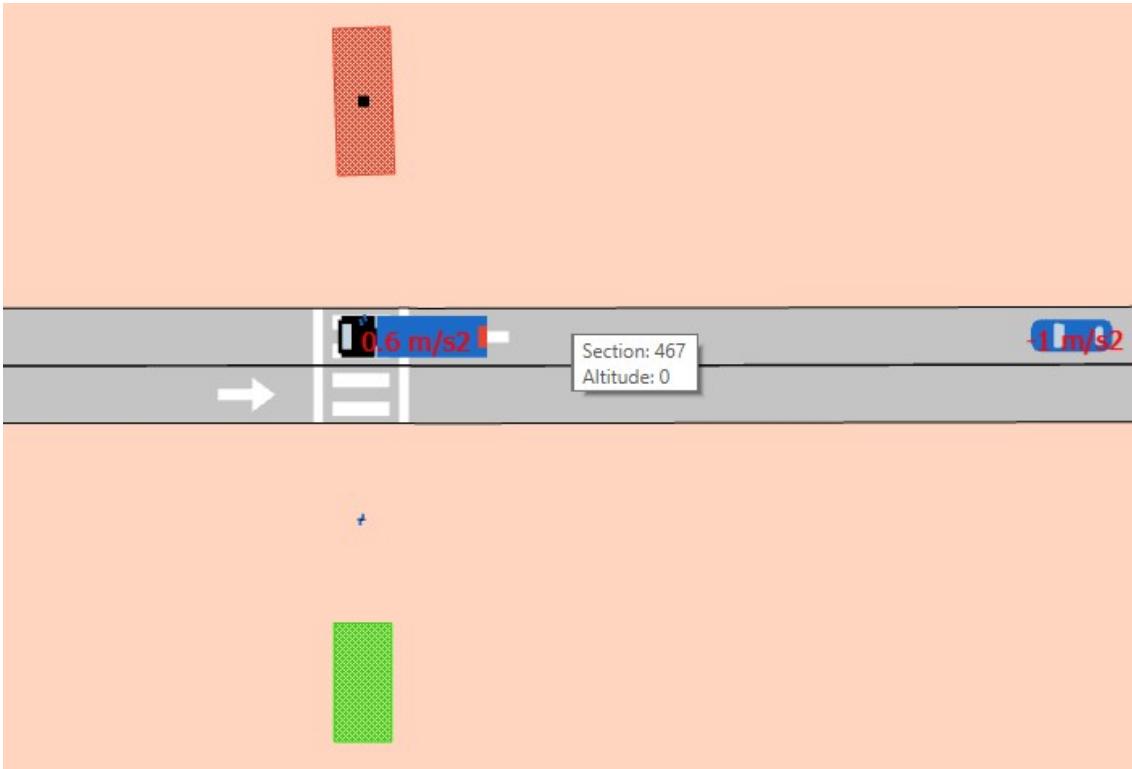


Figur 32: Før kjøretøy reagerer på fotgjenger.





Figur 33: Etter kjøretøy reagerer på fotgjenger.



Figur 34: Etter at kollisjon oppsto.

---

#### 4.1.4 Dialog med Aimsun

Som nevnt i metodekapittelet, nærmere bestemt Kapittel 3.3 ble det forsøkt opprettet en dialog med utviklerteamet i Aimsun gjennom et dokumentasjonsnotat som også inneholdt innledende spørsmål om hvordan fotgjengersimulatoren fungerer. Denne kontakten med utvikler resulterte i svar på de konkrete innledende spørsmålene og en oversatt oppsummering av svarene forfatter mottok på epost fra Aimsun vil bli presentert her. Spørsmålene som ble oversendt kan sees i Kapittel 3.3

1. Fotgjengere gjøres tilgjengelig for mikrosimuleringen når fotgjengere som har som hensikt å krysse en seksjon er ca 0.5 meter fra kryssningstedet. Det er av ytelsesgrunner og Aimsun hevder det ikke har noen hensikt for kjøretøy å interagere med fotgjengere før dette punktet.
2. Det finnes ingen mulighet for en bruker å manuelt justere fotgjengers synlighet i Aimsun Next i dag.
3. Fotgjengere som ikke er i ferd med å krysse en veg er helt adskilt fra kjøretøysimuleringen frem til de er nære et gangfelt. Først da vil fotgjengere kunne reagere på kjøretøy som nærmer seg dem. Fotgjengere vil da også kunne reagere på kjøretøy med vikende adferd når de prøver å finne en akseptabel luke for å krysse.
4. Det gjøres per nå ikke noe aktivt arbeid for å endre fotgjengers synlighet i Aimsun Next.

## 4.2 Observasjoner fra virkeligheten

Observasjonene fra Stadsing Dahls gate ble loggført og analysert for å kunne trekke ut erfaringer fra virkelige hendelser. Totalt ble det observert 32 forskjellige konflikter gjennom de to utplasserte kameraene. Disse fordelte seg på følgende kjørefelt sett fra siden fotgjenger begynner å krysse fra:

- Samme kjørefelt: 20 (tilsvarer Kjørefelt 1 Aimsun-simuleringene).
- Motsatt kjørefelt: 12 (tilsvarer Kjørefelt 2 i Aimsun-simuleringene)

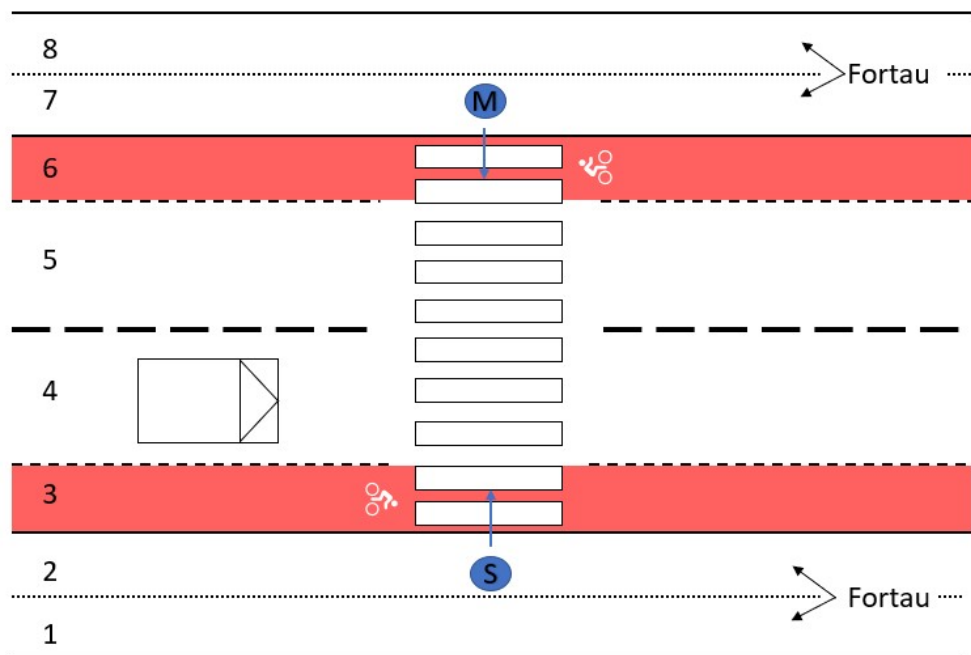
For å kunne se på avstanden til gangfelt for kjøretøy som reagerer på fotgjengere ble det undersøkt når bremselys eller annen tydelig retardasjon ble synlig for kamera. Totalt ble det for:

- 18 av 32 kjøretøy observert at bremselys allerede var på når kjøretøy ble synlig for kamera.
- 6 av 32 kjøretøy hadde ingen tydelig retardasjon.
- 8 av 32 kjøretøy bremses tydelig først etter at man ble synlig for kamera.

Dette viser at over halvparten av kjøretøyene bremses i god avstand fra kjørefelt (minimum ca 30 meter for Kamera 1 og ca 39 meter for Kamera 2), samt at 75% av kjøretøyene har en tydelig retardasjon når det oppstår en konflikt i gangfeltet.

Det ble sett på hvor fotgjengers plassering når retardasjon ble registrert. Det ble ikke målt nøyaktige avstander, men det ble delt inn i ulike soner og tildelt koder for enklere å kunne se et mønster for de to retningene fotgjenger kom fra. Illustrasjon av soneinndeling er vist i Figur 35. Her deles fortauet inn i to ca. like store deler (sone 1 og 2 og sone 7 og 8), sykkelfeltene blir egne soner og kjørefeltene blir egne soner. Videre, for å kunne slå sammen observasjonene, sier man at kjøretøy som observeres befinner seg i sone 4. Da kan fotgjengere enten krysse fra samme side (markert med S) eller motsatt side (markert med M).

Ut i fra resultatene fra feltobservasjon kan man se at de aller fleste kjøretøy allerede har reagert på fotgjengere som krysser fra samme side når fotgjenger befinner seg et sted på fortauet og frem til der sykkelfeltet startet. Om sykkelfeltet er ca 1 meter bredt så betyr det at de aller fleste kjøretøyene reagerte senest når fotgjenger var 1-2 meter fra selve kjørefeltet. For kjøretøy som reagerte på



Figur 35: Soneinndeling for loggføring av fotgjenger sin plassering ved registrert kjøretøyretardasjon.

fotgjenger som krysser fra motsatt side, hadde de aller fleste senest reagert når fotgjenger var plassert ca. midt i motgående kjørefelt eller lenger unna. Om kjørefeltet er ca 3 til 3.5 meter bredt vil det bety at de fleste hadde begynt nedbremsing når fotgjenger var maksimalt 1.5 meter unna det aktuelle kjørefeltet. Det gjøres her leseren oppmerksom på at dette kun er ca. anslag som kan brukes til å skissere en mulig teoretisk grense for influensområde for den teoretiske modellen. Derfor benyttes de mest konservative verdiene fra anslagene. En oppsummering av resultatene for plassering av fotgjenger når retardasjon ble registrert, hvor trendene ble presentert over, er vist i Tabell 19. Her er enkeltstående tall antall fotgjenger inne i en sone, men for fotgjengere som var plassert ca. i grensen mellom to soner noteres under 1-2, 2-3 etc.

Tabell 19: Fordeling av fotgjengersplassering iht. soner når kjøretøyenes retardasjon ble registrert.

Sone	Krysser fra:	
	Samme side	Motsatt side
1	1	0
1-2	3	0
2	4	0
2-3	7	0
3	1	0
3-4	1	0
4	1	0
4-5	0	1
5	0	2
5-6	0	0
6	0	2
6-7	0	2
7	0	0
7-8	0	0
8	0	0

Fra observasjonene som ble gjort ble det også analysert hvor fotgjenger befant seg i vegbanen når kjøretøy slapp opp bremsen (bremselys av) og antas dermed å akselerere fremover. De aller fleste kjøretøyene startet å akselerere fremover i det fotgjenger beveget seg ut fra det aktuelle

---

kjørefeltet det okkuperte i gangfeltet og over i enten sykkelfelt/motsatt kjørefelt avhengig av hvilken bevegelsesretning den kryssende hadde. I tillegg til dette kan man trekke ut overordnede erfaringer hva gjelder fører- og fotgjengeradferd. Det ble observert at en betydelig andel av kjøretøyene hadde det som kunne fremstå som en myk/forsiktig akselerasjon og dermed hadde lite aggressiv adferd ved passering av gangfeltet. Det var også svært få bråbrems rett foran gangfelt og kryssende fotgjenger, kun 1 av 32 observasjoner hadde dette. Veldig mange kjøretøy unngikk full stopp. Av de kjøretøyene som stoppet helt opp foran gangfeltet, fremsto de fleste som kontrollerte og med god avstand til selve gangfeltet. For fotgjengere ble det observert at de fleste som krysset sørget for å ha god oversikt over situasjonen før kryssing begynte, typisk observert ved endring i gangfart eller stopp foran gangfelt. Det ble også observert tilfeller av at kjøretøy begynte nedbremsing for det som kunne virke som en fotgjenger som muligens skulle krysse, men når dette viste seg å ikke være tilfelle så slapp fører opp bremsene og passerte selvom fotgjenger var innen for 1-2 meter fra gangfelt. Typisk var dette at en fotgjenger først hadde bevegelsesretning mot gangfelt, men at fotgjenger ikke viste indikasjon på å stoppe samtidig som bevegelsesretningen går fra mot til vekk fra gangfelt. Dette på tross av at avstanden kunne sies å være relativt nære selve gangfeltet. Det bør også nevnes at fotgjengere som gikk lenger unna fortauskanten og som ikke skulle krysse påvirket kjøretøyene i kortere tidsrom, enn fotgjengere som gikk nærmere fortauskant.

### 4.3 Forbedringsforslag

Det har blitt utarbeidet en konseptuell modell basert på teori, resultater fra analyse av dagens fotgjengersimulator og erfaring fra virkeligheten som har som hensikt å gjøre at fotgjengersimulatoren gir en mer realistisk beskrivelse av konflikter mellom gående og kjørende i uregulerte gangfelt. I dette avsluttende resultatkapittelet presenteres dette arbeidet, først gjennom å presentere hva modellen tar sikte på å forbedre, før de ulike komponentene i modellene presenteres, som tilslutt settes sammen og oppsummeres til en helhetlig konseptuell modell.

#### 4.3.1 Forbedringsområde

Det ble i Kapittel 4.1 presentert resultater for analysen gjort av mikrosimuleringer som benytter fotgjengersimulatoren, så detaljerte resultater rundt dem vil ikke bli gjenfortalt her. Det er uansett behov for å trekke frem hva hovedfunnene kan antyde slik at modellen kan spisses i retning det som fremstår som det viktigste forbedringsområdet i dagens fotgjengersimulator. Det viktigste fra resultatene var:

- En betydelig andel konflikter ble vurdert å beskrives som urealistiske.
- De fleste av disse var knyttet til en synlighetsproblematikk hvor kjøretøy oppdaget og reagerte sent på fotgjengere.
- Dette førte til unaturlig mange bråbrems, blokkerte gangfelt og retardasjoner med unaturlige verdier.

Fra dette ble det vurdert at det viktigste forbedringsområdet er å la kjøretøyene i Aimsun Next oppdage gående tidligere, som også er i tråd med den tidlige hypotesen til den konseptuelle modellen. Slik kan modellering av vikende adferd iverksettes tidligere når det er behov for det, men det kan også gi mer rom for å eventuelt modellere interaksjon og samhandling mellom trafikanter som er i konflikt i gangfelt. Spesifikt hvordan modellen skal forbedre synligheten presenteres i de neste delkapitlene og er delt inn i modellere:

- Modellens betingelser: Universelle parametere.
- Når fotgjenger er synlig: Modellens influens- og reaksjonsgeometri.
- Fordeling av når kjøretøy påvirkes: Funksjon som beskriver påvirkningsfordeling til kjøretøy.
- Hva kjøretøy og fotgjenger gjør når man påvirker hverandre: Adferdsmodellering som vikende adferd og samhandling.

### 4.3.2 Modellens betingelser

For å ende opp med et spesifikt resultat måtte de universelle parameterene bestemmes og påfølgende variabler beregnes. Parameter som måtte bestemmes er

- Reaksjonstid,  $t_r$
- Fotgjengers gangfart,  $v_{ws}$
- Sikkerhetsmargin (i meter),  $s_{sm}$
- Kjøretøyhastighet,  $v$
- Retardasjonsverdier,  $a$

For mennesket er normal reaksjonstid mellom 0.5-3 sekunder (Trygg Trafikk 2022), og settes her til 1 sekund. Fotgjengers gangfart og sikkerhetsmargin hentes fra standardverdier i Aimsun Next og er henholdsvis 1.6  $m/s$  (maksverdi) og 3.0 meter. Kjøretøyhastighet settes til det område hvor uregulerte gangfelt er brukt, altså for steder med fartsgrense opp til 50  $km/t$ , og ser innledningvis på hastigheter fra 10-50  $km/t$ . Retardasjonsverdier er tidligere definert for grenser for urealistisk oppbremsing og komfortable oppbremsing på tørr asfalt, men tar også med verdi for når fører "tar fot av gasspedal", som settes til  $-2 m/s^2$  (A. Aakre 2023). Tabell 20 oppsummerer disse betingelsene.

Tabell 20: Universelle parameter som gir modellens betingelser.

Parameter	Symbol	Verdi	[Enhet]
Reaksjonstid	$t_r$	1	[s]
Gangfart	$v_{ws}$	1.60	[ $m/s$ ]
Sikkerhetsmargin	$x_{sm}$	3	[m]
Kjøretøyhastighet	$v$	10-50	[ $km/t$ ]
Retardasjon	$a$	-2	[ $m/s^2$ ]
		-4	
		-8	

Ved bruk av betingelsene gitt i Tabell 20 og Ligning 16 og 17 kan man beregne tiden,  $t$  det tar å redusere hastigheten til 0 fra en gitt hastighet og med konstant retardasjon. Dette kan igjen benyttes til å beregne nødvendig lengde for å stoppe et kjøretøy med kjent startfart og retardasjon. Resultater for hastighetene 10-50  $km/t$  og de tre retardasjonsverdiene i Tabell 20 er presentert i Tabell 21 til 23.

Tabell 21: Beregnede  $t$ -verdier for ulike hastigheter og retardasjon lik -2, med påfølgende stopplengde,  $x_s$ .

$v$ [ $km/t$ ]	10	20	30	40	50
$v$ [ $m/s$ ]	2.78	5.56	8.33	11.11	13.89
$t_{v=0}$ [s]	1.4	2.8	4.2	5.6	6.9
$x_s$ [m]	4.7	13.3	25.7	42.0	62.1

Tabell 22: Beregnede  $t$ -verdier for ulike hastigheter og retardasjon lik -4, med påfølgende stopplengde,  $x_s$ .

$v$ [ $km/t$ ]	10	20	30	40	50
$v$ [ $m/s$ ]	2.78	5.56	8.33	11.11	13.89
$t_{v=0}$ [s]	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5
$x_s$ [m]	3.7	9.4	17.0	26.5	38.0

Tabell 23: Beregnede  $t$ -verdier for ulike hastigheter og retardasjon lik  $-8$ , med påfølgende stopplengde,  $x_s$ .

$v$ [km/t]	10	20	30	40	50
$v$ [m/s]	2.78	5.56	8.33	11.11	13.89
$t_{v=0}$ [s]	0.3	0.7	1.0	1.4	1.7
$x_s$ [m]	3.3	7.5	12.7	18.8	25.9

En kontroll av en situasjon med maksimal brems kan gjøre ved å benytte Ligning 18, med helning på 0% og friksjonskoeffisient  $f_b = 0.8$  (TØI 2023) og sammenligne stopplengdene fra dette med stopplengdene fra Tabell 23, og ser fra Tabell 24 at resultatene virker rimelig.

Tabell 24: Sammenligning av stopplengder  $x_{s,-8}$  og  $L_s$  for kontroll.

$v$ [km/t]	10	20	30	40	50
$x_{s,-8}$ [m]	3.3	7.5	12.7	18.8	25.9
$L_s$ [m]	3.3	7.5	12.8	19.0	26.2

### 4.3.3 Modellering av influensområde og reaksjonssoner

I Kapittel 4.3.2 ble modellens betingelser bestemt. De viktigste resultatene som tas med videre til dette kapitlet er:

- For  $a \geq -8m/s^2$ :  $x_s \geq 18.8m$  og  $t \geq 2.4s$
- For  $a \geq -4m/s^2$ :  $x_s \geq 26.5m$  og  $t \geq 3.8s$
- For  $a \geq -2m/s^2$ :  $x_s \geq 42.0m$  og  $t \geq 6.6s$

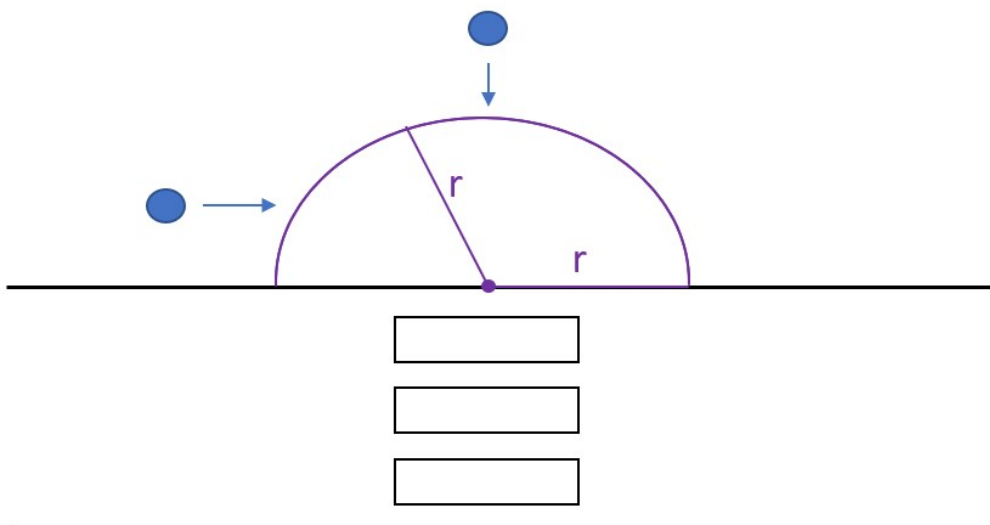
Dette har videre blitt brukt til å bestemme influensområdets utstrekning og geometri. For en retardasjonsverdi på  $-8 m/s^2$ , som ble definert som den laveste verdien før retardasjonen blir urealistisk, fant man at det trengs totalt 2.4 sekunder og 18.8 meter stopplengde for å unngå en kollisjon i et gitt punkt. På denne tiden vil en fotgjenger med gangfart lik  $1.6 m/s$  kunne tilbakelegge ca. 3.8 meter. Altså vil et kjøretøy som befinner seg 2.4 sekunder unna et hypotetisk kollisjonspunkt måtte oppdage en fotgjenger med en slik gangfart når fotgjenger er 3.8 meter unna kollisjonspunktet. Dette kan benyttes som en ytre grense for influensområdets utstrekning for å unngå at situasjoner har retardasjonsverdier mindre enn  $-8 m/s^2$ . Resultatene fra feltobservasjonene viser at de aller fleste kjøretøyene allerede hadde begynt nedbremsing mot gangfelt når avstanden til gangfeltet var mellom 30 til 40 meter. De aller fleste fotgjengere ble observert å befinne seg et sted mellom midt på fortau og fortauskant når man krysset fra samme side som det aktuelle kjørefeltet. Med sykkelfeltet og fortauets bredde er dette snakk om minimum 2-3 meter fra konfliktområdet (som her blir kjørefeltet), som antyder at en utstrekning på 3.8 meter som ytre grense er et rimelig estimat.

Videre ble geometrien til influensområdet bestemt. Utgangspunktet for dette er utstrekningen bestemt i forrige avsnitt. Det antas at fotgjengere krysser midt i gangfeltet, slik at det hypotetiske konfliktpunktet blir her. Fra dette må man ha en utstrekning på 3.8 meter fra dette punktet ut på begge sider av gangfeltet, samt vinkelrett ut fra konfliktområdet (her vegbanen). Dette vil gi et rektangulært område med areal

$$2 \cdot 3.8m \times 3.8m = 28.9m^2$$

Men et slikt område vil inneholde flere punkter som er lenger unna enn 3.8 meter. Samtidig ble det under observasjonene registrert at kjøretøy reagerte tydeligere på fotgjengere som gikk tydelig i retning gangfeltet. Siden fotgjengere kan passere et gangfelt uten hensikt med å krysse og kan være lenger unna en yttergrensen, vil modellen forsøke å modellere dette gjennom en sirkulær geometri

med radius  $r = 3.8$  meter. Dette vil redusere påvirkning fra fotgjengere lenger unna, og gjøre at fotgjengere som går langt unna konfliktpunktet vil oppholde seg kortere i influensområdet når man kun skal passere. Dermed får man en utforming på influensområdet som vist i Figur 36.



Figur 36: Valgt geometrisk utforming på influensområdet.

Det ble i Kapittel 3.4.1 nevnt at det selve arealet på området hvor kjøretøy påvirkes av fotgjenger på vei ut av gangfelt muligens er mindre enn på vei inn. Feltobservasjonene bygger også opp under dette, samt at Aimsun selv bekrefter at fotgjengere ikke er synlig 0.5 meter utenfor vegbanen. Derfor vil den konseptuelle modellen bygge videre på dette. Den geometriske utforming av influensområde for gående på vei ut av et gangfelt beholdes derfor slik som i dag når fotgjenger forlater gangfelt/vegbane.

Denne definerte grensen er for et kjøretøy i et gitt punkt. De aller fleste kjøretøy vil befinne seg andre steder enn i akkurat dette punktet. Jo lenger unna kjøretøyet er, jo mykere vil oppbremsingen kunne bli. Derfor kan betingelsene som ble beregnet og listet opp i starten av avsnittet, definere grenser for hvor kjøretøy må reagere for å holde seg på eller under en viss retardasjonsverdi. Dette kan modellen bruke for å modellere hvor langt unna kjøretøy må begynne å forholde seg til fotgjengere og når fotgjengere som er innenfor influensområde ikke trenger å tas hensyn til. Grenseverdiene for retardasjon bestemmer også nødvendig stopplengde fra kollisjonspunktet og er oppsummert i Tabell 25

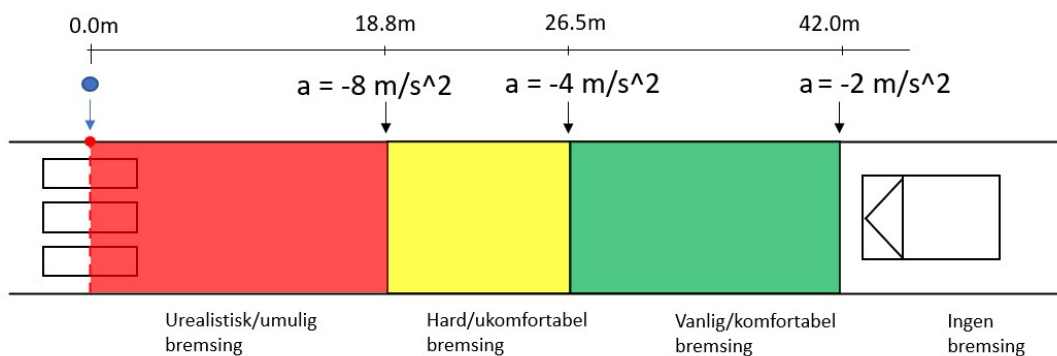
Tabell 25: Reaksjons-, bremse- og stopplengder for grenseverdiene for retardasjon.

Retardasjon [ $m/s^2$ ]	Reaksjonslengde [ $m$ ]	Bremselengde [ $m$ ]	Stopplengde, $x_s$ [ $m$ ]
-2	11.1	30.9	42.0
-4	11.1	15.4	26.6
-8	11.1	7.7	18.8

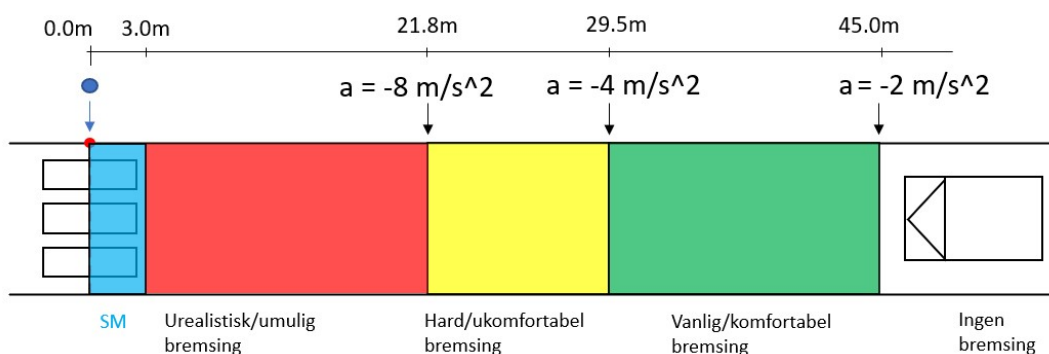
Dette betyr at korteste avstand et kjøretøy kan oppdage en fotgjenger fra, for å rekke å bremse med laveste definerte retardasjonsverdi, er 42 meter. Merk at dette foreløpig ikke inkluderer den valgte sikkerhetsmargin på 3 meter, men kun tar kollisjonspunktet i betrakning. En illustrasjon av disse reaksjonszonene med markerte grenser er vist i Figur 37.

For å rekke å stanse før man er innenfor den valgte sikkerhetsmarginen må kjøretøy oppdage fotgjenger 3 meter lenger unna. Grenseverdiene blir forskyvet 3 meter til høyre og synlighetslengden går da fra 42 til 45 meter. For avstander større en dette vil ikke kjøretøy forholde seg til fotgjenger i influensområdet. En illustrasjon av grenseverdier forskyvet på grunn av sikkerhetsmargin er vist i Figur 38. I praksis betyr det å legge inn sikkerhetsmargin at man forskyver det hypotetiske

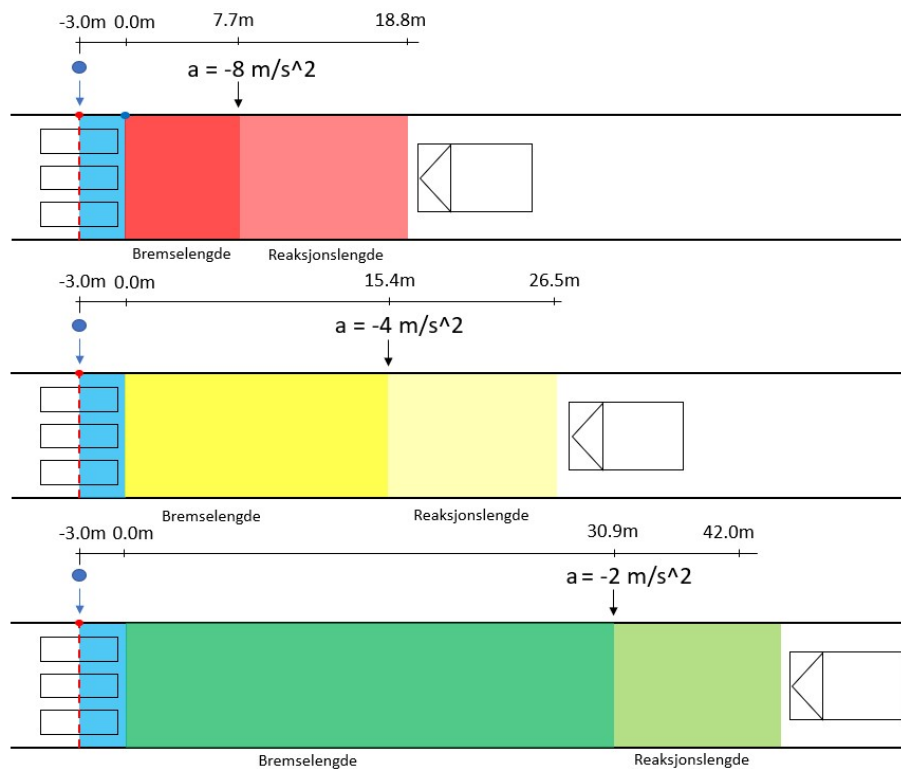
kollisjonspunktet en gitt lengde mot høyre. Dette punktet velges som et nullpunkt for resten av arbeidet med modellen.



Figur 37: Grenser og intervaller for reaksjonsoner.



Figur 38: Grenser og intervaller for reaksjonsoner inkludert sikkerhetsmargin, *SM*.



Figur 39: Illustrasjon og forklaring av grenseverdier.



---

Det er også nødvendig å påpeke at Figur 37 og 38 ikke viser punktene hvor retardasjonen starter, men hvor kjøretøy oppfatter fotgjenger. Med en reaksjonstid på  $t_r = 1s$  vil kjøretøyene forflytte seg 11.1 meter før bremsing begynner om man kjører i 40 km/t. De ulike bremse- og reaksjonslengdene (hvor sikkerhetsmargin nå er definert som nullpunkt) er vist i Figur 39.

#### 4.3.4 Påvirkningsmodellering

En mulig løsning på når forskjellige kjøretøy blir påvirket av fotgjenger ble beskrevet med en funksjon gitt i Ligning 15 og skissert i Figur 22 i Kapittel 3.4.1. Selv om influensområdet nå er definert, betyr ikke det at samtlige førere vil bli påvirket til å foreta en nedbremsing i det en fotgjenger entrer området. Avstand til konfliktpunkt, hastighet, adferd hos både fører og fotgjenger vil kunne påvirke når man blir påvirket til å foreta en oppbremsing. I stedet for å tenke seg at det er en lineær sammenheng mellom avstanden fra fotgjenger til gangfelt, kan man heller tenke seg at det er en lineær sammenheng mellom avstanden fra kjøretøy og frem til gangfelt. For at kjøretøy skal klare å bremse i tide for en fotgjenger som entrer influensområdet kan man for de beregnede verdier si at ingen blir påvirket til bremsing når man er lenger unna enn 42 meter fra sikkerhetsmargin. Videre blir det antatt førere vil tilstrebe å unngå ukomfortable oppbremsinger slik at 100 prosent av kjøretøy blir påvirket av fotgjenger til å bremse når man er innenfor sonen hvor minimum  $-4m/s^2$  er nødvendige for å bremse i tide. Dette gir en strekning på

$$42 - 26.5 = 15.5 m$$

hvor den lineære fordelingen av andel påvirket går fra 0 til 1 i løpet av denne distansen. Dette vil være utgangspunktet for modellering av når forskjellige kjøretøy blir påvirket til å begynne nedbremsing.

#### 4.3.5 Adferdsmodellering

En modell som tar utgangspunkt i et større influensområde hvor fotgjenger er synlig vil føre til to sentrale endringer. For det første vil det gi flere kjøretøy tid til individuelle beregninger for om det er greit å passere gangfeltet uten å foreta en nedbremsing eller om man skal vike for fotgjenger. Det andre er at om man benytter dagens modell men med utvidet området, vil fotgjengere "blokkere" gangfeltet i lengre tid enn nå. Derfor er det hensiktsmessig å se på modellering av vikende adferd. For modellere vikeadferd mellom kjøretøy i Aimsun Next benyttes i dag en lukeakseptmodell. En lignende modell for kjøretøy som må vike for gående er derfor naturlig å se på for å modellere slik adferd. I et enkelt eksempel for hvordan dette kan fungere så kan man si at et kjøretøy trenger å ankomme først til et hypotetisk konfliktpunkt før fotgjenger, som i en lukeakseptmodell er avhengig av avstanden, kjøretøyets hastighet og akselerasjon (som presentert i Kapittel 2.2.3). Om dette er tilfelle kan kjøretøyet passere gangfeltet. For dette er det viktig å understreke at dette konfliktpunktet ikke nødvendigvis må være det samme som definert for influensområdet. Fotgjenger som opplever at kjøretøy passerer dem i gangfelt når de allerede har tredd ut i vegbanen, vil kunne oppleve dette som ubehagelig eller uhøflig. Derfor kan det legges inn en sikkerhetsmargin på for eksempel 1 sekund eller 1 meter inn på fortauet som konfliktpunkt for denne modellen. Hvis ikke kjøretøyet ankommer først, så kan man beregne om fotgjenger har forlatt gangfeltet før kjøretøy ankommer. For store strømmer av fotgjengere kan dette beregnes, som for kjøretøy i eksisterende modeller, også for den neste fotgjengeren til en akseptabel luke oppstår.

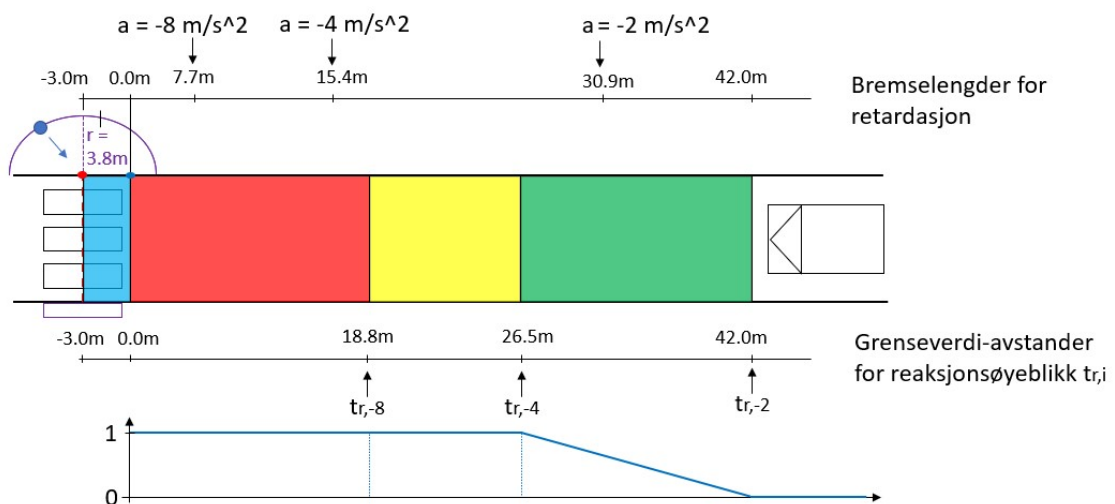
Det finnes også annen adferd som kan og bør vurderes i en konseptuell modell. Under simuleringen av konflikter ble det registrert at kjøretøy som ikke måtte vike for fotgjengere tilnærmet aldri bremsset inn mot gangfelt. Snitthastigheten for alle kjøretøy, som er medberegnet konflikter, man får ut av simuleringene er tett opp mot fartsgrensen. Sammenligner man med erfaringene fra felt så ser man at en god del kjøretøy faktisk reduserer hastigheten inn mot gangfelt selv om de ikke er fotgjengere i umiddelbar nærhet. Dette kan det være flere årsaker til og ble ikke studert nærmere i denne masteroppgaven, men det forteller likevel at for forskjellige lokasjoner, gangfelt, fartsgrenser etc. så kan det være aktuelt å modellere en slik føreradferd. Endring i fotgjengeradferd, som redusert gangfart eller stopp, nærmere gangfelt kan også vurderes om man betrakter erfaringer fra felt. Det ble også i Kapittel 2.4.3 presentert at samhandlingmodeller kan være aktuelt å benytte.

Fra undersøkelsene som har blitt gjort i denne masteroppgaven, og påfølgende resultater, oppleves ikke dette som det mest kritiske og er derfor ikke inkludert i det innledende forbedringsforslaget som den konseptuelle modellen tar sikte på å være.

#### 4.3.6 Forbedringsforslag

Fra de gitte betingelser og erfaringer har det blitt definert et utvidet influensområde som bestemmer når en fotgjenger blir synlig for et kjøretøy. Det ble sett på et gangfelt på et sted med fartsgrense 40 km/t, men prinsippene er de samme for høyere eller lavere fartsgrenser. Influensområdet er utformet som en halvsirkel med radius 3.8 meter med origo midt på gangfeltbredden i overgang til vegbane. Et hypotetisk konfliktpunkt på kryssende side er også plassert her, og kjøretøy har en konfliktlinje vinkelrett på kjørefeltet som strekker seg i gjennom hele kjørefeltbredden og går gjennom det nevnte konfliktpunktet. Videre defineres grenseverdier for ulike former konstant nedbremsing og de påfølgende avstander til kritisk bremsepunkt, her inkludert med en sikkerhetsmargin på 3 meter til fotgjenger (som igjen blir en ny hypotetisk konfliktlinje og nullpunkt). For avstander større en 42 meter til sikkerhetsmargin vil ikke kjøretøy forholde seg til gående i influensområdet, men for alle avstander mellom 42 og 26.8 meter vil andel kjøretøy påvirket av fotgjengere fordeles lineært. Det er viktig å understreke at en slik modell med nevnte definerte grenser også vil ha mulighet for at kjøretøy som oppdager fotgjenger med kortere avstand enn nevnt her, fortsatt kan rekke å stoppe realistisk før faktisk kollisjon, på grunn av sikkerhetsmarginen. I så fall vil kjøretøy havne innenfor gangfelt/sikkerhetsmargin, som ikke er ønskelig, men er heller ikke uvanlig at kan skje i trafikken. Altså får man, for en fotgjenger midt på gangfeltbredden, i praksis et spenn på 3 meter hvor et kjøretøy kan bremse med samme kraft, men hvor forskjellen blir hvor man stopper med tanke sikkerhetsmarginen og fotgjenger.

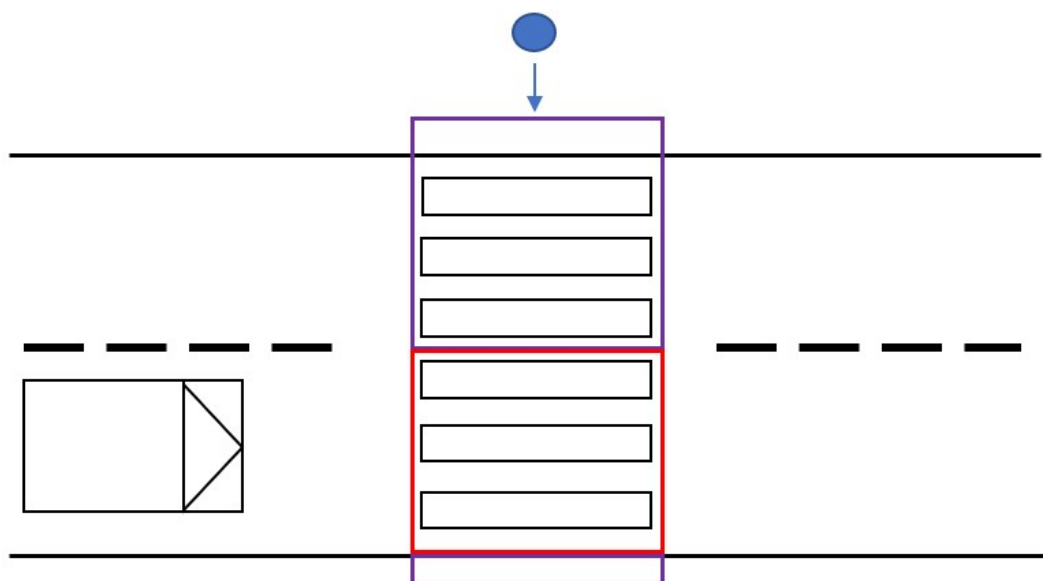
For å unngå en urealistisk retardasjon må alle kjøretøy som beveger seg i 40 km/t og som befinner seg 18.8 meter eller nærmere fotgjengers konfliktpunkt måtte benytte den tilgjengelige luken på 2.4 sekunder. De som bremser mellom 18.8 og 21.8 meter vil havne innenfor sikkerhetsmarginen, men unngå kollisjon. For kjøretøy som har større avstander når fotgjenger oppdages vil alle som påvirkes til å vurdere situasjonen først beregne om vikende adferd er nødvendig gjennom en lukeakseptmodell, hvor luker som er tilfredsstillende store lar kjøretøy passere gangfeltet. Små luker iverksetter bremsing til fotgjenger og kjøretøy ikke lenger har sammenfallende konfliktpunkt. En fullstendig illustrasjon av hvordan den konseptuelle modellen er tenkt er for én-felts vegseksjon vist i Figur 40, og det er denne som skal brukes til videre utvikling og validering. Modellen vil derfor ikke bestå av samhandlingsmodeller eller en fartsreduksjonsmodell for kjørende mot gangfelt i denne omgang.



Figur 40: Illustrasjon av konseptuell modell for én-felts vegseksjon og gangfelt med fartsgrense 40 km/t.

---

Siden de aller fleste veger og gater med uregulert gangfelt består av minimum to motgående kjørefelt overføres prinsippet forklart for Figur 40 til en to-felts vegseksjon. Siden det i Aimsun Next opereres ut fra uavhengige vegseksjoner, så er det nødvendig å definere et influensområde for hvert kjørefelt. Det er heller ingen fysisk forskjell på avstanden som trengs for en oppbremsing ut i fra hvilken side man krysser fra. Siden også erfaringene fra feltobservasjonene viser at de fleste fotgjengere som krysset fra motsatt side (av det kjørefeltet kjørtøyet lå i) påvirket til retardasjon når man var 3-4 meter unna kjørtøyets kjørebane. Derfor beholdes samme avstand på 3.8 meter fra konfliktpunkt, men geometrien endres til å gjenspeile utformingen på gangfeltet. Altså en firkant med bredde lik gangfeltbredde og lengde 3.8 meter, som vist i Figur 41. Det ferdige forbedringsforslaget for bruk på en to-felts vegbane er blir da å kombinere Figur 40 og Figur 41 for kjørende og kryssende i begge retninger, og vil derfor kunne overlape hverandre.



Figur 41: Illustrasjon av influensområde ved kryssing fra motsatt side.

---

## 5 Diskusjon

### 5.1 Analyse

Dagens utgave av fotgjengersimulatoren i Aimsun Next har blant brukere i Norge ulik kredibilitet. Hensikten med å lansere dette som et verktøy i Aimsun Next har vært å gjøre fotgjengermodellering bedre og mer effektivt. Resultatene i denne masteroppgaven indikerer at fotgjengersimulatoren har svakheter som svekker modellens troverdighet rundt realistiske beskrivelser av fotgjengere.

Allikevel er det enkelte ting som må poengteres. Selve analysen av konflikter i denne masteroppgaven er basert på kvalitative vurderinger av hva en urealistisk konflikt er. Det å forsøkt å knytte denne vurderingen opp mot hvordan det fungerer i dag og utforme generelle kriterier som skal være både tydelige og fornuftige. Men dette skaper også rom for at andre undersøkelser kan ha andre kriterier, eller at forskjellige individer vurderer kriteriene forskjellig. Altså finnes det en viss usikkerhet knyttet til resultatene fra simuleringene, så andelen urealistiske konflikter kan være både høyere og lavere enn det som ble funnet, gitt ut i fra hvem som gjør analysen og med hvilke kriterier man lener seg på. Uansett om andelen konflikter er noe usikker, er det såpass mange tilfeller av tydelig urealistiske situasjoner man sjelden ser i et gangfelt i virkeligheten. Det er rimelig å påstå at fotgjengersimulatoren på grunn av dette har svakheter og at dette først og fremst handler om når fotgjenger blir synlig for kjøretøy. Det er heller størrelsesnivået på andelen som masteroppgaven presenterer hvor usikkerheten ligger.

Det at det er utfordringer knyttet til synlighet for fotgjengere kan argumenteres for. Bare fra dialogen med Aimsun Next får man bekreftet at fotgjenger ikke er synlig før rundt en halvmeter fra gangfelt. I praksis betyr dette at en fotgjenger fra et simuleringsteg til et annet kan gå fra å være usynlig og ikke påvirke kjøretøy, til å være nærmest ute i kjørebanelen. Dette er ikke en realistisk beskrivelse av hvordan kjøretøy oppfatter gående i og rundt gangfelt. I virkeligheten har man som regel god oversikt over det som skjer foran seg og man kan ta inn trafikanter som oppholder seg mange meter vekk fra et mulig konfliktpunkt inn i sin vurdering. Men, selv om man anerkjenner at dette er en svakhet med dagens modell, så sier ikke denne oppgaven og analysene som ble gjort noe om hvor vidt dette faktisk påvirker resultatene man får ut i særlig grad. Grunnen til at man reagerer på mange av konfliktene er fordi Aimsun Next ikke bare simulerer hendelser som gir verdifulle ut-data, men også animerer dem så man kan se med egne øyne hvordan trafikken oppfører seg. Dette reiser et viktig spørsmål. Er svakhetene som ble avdekket av betydning for resultatene man tar ut når man vurderer en trafikksituasjon, eller er det først og fremst et visuelt problem som kun ser merkelig ut? Dette bør selvsagt undersøkes nærmere, men om man går tilbake til definisjonen av en modell så handler det ikke om å beskrive en situasjon 100% korrekt, men å gi en realistisk og troverdig beskrivelse. Så om det ikke ser realistisk ut, så er det vanskelig for en modell å virke troverdig. Dette er viktig punkt å ta stilling til videre. Før man bør vurdere å enten dokumentere effekten det har på resultatene slik at man vet man kan stole på det man får ut, ellers så bør man redusere tvilen gjennom å forbedre hvordan modellen fremstår. Dette vil i hvertfall kunne øke troverdigheten til modellen, som er essensielt for alle modeller av alle slag.

Andre ting rundt analysen som ble gjort som kan diskuteres er loggføringer av avstander til gangfelt og vurdering av tvilstilfeller, og dermed hvor sterkt datagrunnlaget for enkelte resultater egentlig er. Når det kommer til loggføring av avstander først, må det nevnes at det ikke finnes ut-data som gir avstander for konflikter som oppstår. Aimsun Next gjør, etter forfatter sin viten, ingen registrering av dette. Programmet er ikke designet for å vurdere konflikter på denne måten eller til å vurdere sin egen realisme i en slik situasjon. Derfor ble det under simuleringene heller satt opp indikatorer på avstander, så alle loggførte avstander er ca-tall og ikke helt nøyaktig. Dette gir en usikkerhet knyttet til hvor nøyaktig beskrivelsen av hvor de fleste problemer oppstår faktisk er. Det ble vurdert som viktig å finne ut sånn ca. hvor kjøretøy og fotgjengere oppdager hverandre og hva som er konsekvensen av det. Derfor ble denne usikkerheten akseptert. Siden loggføringen illustrerer godt nok at de fleste tilfellene av urealistiske konflikter skjer nærmere gangfeltet, kan man oppdage mønstre. Men om man ønsker en nøyaktig fordeling av plassering er 5-meters intervaller på kjøretøy satt etter indikatorer neppe veien å gå. Men selv om man uansett kanskje bommer med flere meter, er det fortsatt relativt enkelt å se om hendelsen skjer rett før et gangfelt eller langt unna. Videre, da det ble loggført hendelser, oppsto det relativt ofte tvilstilfeller hvor noen ble lagt bort og andre

---

ble inkludert. Det ble forsøkt å sette tydelige nok kriterer, men allikevel oppsto det tilfeller som man ble usikker på egentlig var urealistisk eller ikke. Det ble forsøkt holdt en streng linje, men med over 2000 loggførte konflikter har det nok blitt flere tilfeller som kunne blitt tolket annerledes hvis det var andre som gjorde vurderingen. Dermed kan tvilstilfellene ha en innvirkning på fordeling av både andel urealistiske konflikter, eller type konflikter som oppsto.

Feltobservasjonene bør også diskuteres som en del av analysegrunnlaget. Disse ble gjort for å innhente erfaringer om hvordan konflikter utspiller seg i virkeligheten. Selv om det ble loggført og beskrevet et visst antall konflikter, så er datamengden relativt liten og tidsperioden relativt kort. Derfor kan for eksempel avvik få større betydning. Et eksempel på avvik kan være antall brå oppbremsinger. Selv om det ble registrert få, så er datamengden så liten at det ikke kan utelukkes at dette både skjer hyppigere eller sjeldnere enn det som ble registrert. Dessuten kan også slikt som trafikkmengder, værforhold og omliggende omgivelser spille inn. Derfor kunne man ha gjort flere undersøkelser i felt hvor man både varierte tid på døgnet, registreringer under forskjellige værforhold og fra flere gangfelt som har både likheter og ulikheter. Trafikkavvikling er ikke et statistisk fenomen som kan beskrives gjennom et utgangspunkt for alle situasjoner, og er en tydelig mangel rundt bruk av erfaringene som ble innhentet. Selv om det var nyttige erfaringer som man kan trekke trender ut av, så er både datamengden for liten og basert for mye på omtrentlige avstander og plasseringer, hastigheter, nedbremsinger osv. til at man kan konkludere med at det fungerer akkurat slik som dette. Om man virkelig ønsker å finne nøyaktige grenseverdier, beskrivelse av adferd og samhandling etc., så kreves også mer omfattende undersøkelser som inneholder mer nøyaktige målinger og beskrivelser. Flere feltobservasjoner med ulike hensikter for hva som skal måles og registreres kunne vært ledd i valideringsprosessen ved videre utvikling av den konseptuelle modellen.

En siste ting som bør drøftes er resultatene fra simuleringer med to-felts vegseksjon. Selv om resultatene antyder at avstanden mellom feltene kan ha en indirekte påvirkning på simuleringer av fotgjenger i vegbane, så ble det ikke gjort grundige nok analyser til å kunne konkludere den ene eller andre veien. Det er interessant at det virker som at fotgjenger kun kan være synlig i et kjørefelt av gangen, men dette er nærmest som et eget forskningsspørsmål å regne. Det kan per nå for eksempel ikke utelukkes at det ikke var selve modellen som ble simulert det var noe feil med. Det hele ble oppdaget ved en tilfeldighet, ingen videre analyse ble iverksatt og det ble ikke sjekket opp med Aimsun-teamet om hva dette kunne skyldes på grunn av masteroppgavens tidsbegrensning. For se videre på om dette stemmer, må det først gjøres en grundige kartlegging og analyse, men at det fremstår som en potensiell svakhet er det mulig å argumentere for.

## 5.2 Forbedringsforslag

Forbedringsforslaget er utviklet som et første steg på veien mot en mer realistisk fotgjengersimulering i Aimsun Next. Innledningsvis ble det nevnt at ingen modeller er helt perfekte, og for en konseptuell modell er man som regel enda lenger unna. Det første som kan diskuteres er selve influensområdet. Dette baserer seg på en situasjon hvor kjøretøy har konstant retardasjon og grenseverdier bestemt på forhånd. I realiteten vil ytterst få kjøretøy opptre på denne måten. Enkelte førere vil kanskje slippe foten av gassen før de innser at ytterligere bremsing er nødvendig, andre vil kanskje bremse hardere til å begynne med før man slipper litt opp når man nærmer seg konfliktområdet. Dette tilsier jo at i virkeligheten vil ikke bruken av bevegelsesligninger være gyldig i slike situasjoner, men de er blitt brukt her for å danne en ytre grense. Det er derfor naturlig å tro, som feltobservasjonene også til dels antyder, at influensområdets utstrekning kan være i største laget. Et annet aspekt med influensområdet er at det er plassert og utformet ut fra antagelsen om at fotgjengere krysser midt på gangfeltets bredde. I realiteten vil hele bredden kunne bli brukt av fotgjengere som krysser. Dermed vil avstanden til et kollisjonspunkt også variere. Det er slike konfliktpunkter nærmere kjøretøyene enn midt på gangfeltbredden som kan gi størst problemer med tanke på urealistiske hendelser, og selv om dette er forsøkt tatt hensyn til med sikkerhetsmargin, vil enkelte kjøretøy kunne stoppe ubehagelig nære en fotgjenger i gangfelt. Dette kan man få mer klarhet i gjennom testing og validering, og deretter hvilke endringer man kan vurdere. Dette kan for eksempel være økt sikkerhetsmargin, økt synlighetsrekkevidde eller individuell beregning av kollisjonspunkt for hver konflikt, som den konseptuelle modellen ikke gjør per nå.

---

Det er også flere andre mulige årsaker til at et influensområdet kunne vært mindre enn det som foreslås i denne masteroppgaven. Både føreradferd og fotgjengeradferd kan påvirke en slik utstrekning. Siden fotgjengere kan opptre mer forsiktig når man nærmer seg et gangfelt, kan for eksempel gangfarten reduseres eller at man stopper opp for å forsikre seg at kjøretøyet bremses. Lavere gangfart vil gi kortere forflytning på samme tid og dermed også gitt bedre tid til å bremse for kjøretøy for unngå konflikt. I denne oppgaven er yttergrensen bestemt av en antatt maksimumsverdi som heller ikke tar hensyn til at adferden i og utenfor et slikt området kan endre seg hos fotgjenger. Det samme kan diskuteres rundt føreradferd. For om det stemmer at førere generelt har en tendens til å sakke litt ned på farten inn mot et gangfelt, vil heller ikke hastigheten brukt i bevegelsesligningen beskrive situasjonen rett. Dermed vil også nødvendig stopplengde bli lenger enn nødvendig i den konseptuelle modellen. I dette forslaget antas det at alle kjører i fartsgrensen frem til man oppdager fotgjenger, som selvsagt er en optimistisk vurdering da dette i stor grad kan variere.

Et annet viktig aspekt ved forbedringsforlaget er at det endelige forslaget i stor grad mangler validering. Det er fullt mulig at det trengs flere runder med validering og justering før det er klar til å testes i simulering. Det er forsøkt å bruke feltobservasjoner som en rettesnor for at modellen som utvikles skal fremstille konfliktene på en mer realistisk måte enn det gjør i dag men uten videre validering er det vanskelig å si hvor langt unna eller hvor mye nærmere man er en ferdig modell som er klar til testing. En slik validering kunne også ha vist at det er behov for andre beskrivelser, som samhandlingsmodeller eller om geometrien på influensområdet må vurderes igjen. Dette illustrerer hvor i prosessen man er i å utvikle en modell. Før modellen kan implementeres bør det gjøres flere undersøkelser og videreutvikling, som igjen må valideres før man har en modell klar for å kjøres i Aimsun Next. Siden man kan si man er på et tidlig stadie av en forbedringsprosess, så er det også grunn til å tro at modellen som er presentert som et forbedringsforslag har svakheter. Derfor er det nødvendig å trekke frem det som er grunntanken igjen, nemlig å øke området hvor fotgjengere er synlige for kjøretøy. Det kan selvsagt vise seg at begrensningene ikke fungerer i praksis, at modellene blir for komplisert med beskrivelser av lukeaksept, adferd, hastighetsregulering etc., men at det likevel er grunn til å tro grunntanken fortsatt er veien å gå for en mer realistisk modell. Når man tilslutt har en modell som kan simuleres kan man også i større grad begynne med kalibrering slik at man får justert modellen etter ønskede forhold.

Både analysen og forbedringsforlaget tar utgangspunkt i et uregulert gangfelt på en rett vegseksjon uten kryss. Dette var en begrensning som ble gjort for enklere å kunne isolere konfliktene. For å kunne spisse en modellen ut fra analyseresultater ble dette også utgangspunktet når man skulle se på forbedringsmuligheter. Det har siden også blitt gjort antagelser og satt begrensninger under arbeidet av den teoretiske modellen. Forbedringsforlaget tar utgangspunkt i parametere som beskriver en spesifikk situasjon, som fartsgrense, helning og kurvatur, men også kjøreforhold/værhold med tanke på friksjon og sikt. Dette begrenser modellens gyldighetsområde, da man egentlig har laget et konkret forbedringsforslag for en gitt situasjon. Tanken er at prinsippene skal gjelde om man endrer på betingelsene, men at dette per nå har ukjent resultat. Det er derfor ikke mulig å konkludere med om modellen faktisk forbedrer fotgjengersimulering i alle situasjoner, som er et av målene med masteroppgaven. Derfor bør heller oppgaven betraktes som et stykke innledende arbeid i det som fort kan være en lengre prosess for å nå det målet. Det er også andre forenklinger og antagelser som bør nevnes som har direkte innvirkning på forbedringsforlaget. Reaksjonstiden som ble valgt ligger innenfor normalen, men representerer heller ikke variasjon i ulik reaksjonstid. Sikkerhetsmargin er en annen og ble valgt ut i fra Aimsun Next sin standardverdi, mens gangfart heller ikke er lik for alle fotgjengere, men er også dynamisk og vil variere. Summen av alle disse valgene fører til en enda mer spesifikk situasjon, og selv om det fungerer som et utgangspunkt støtter det opp under behovet for å finne generelle løsninger for beskrive "alle" situasjoner.

Et annet poeng med valg av betingelser og variabler er at ulike land, kulturer og situasjoner kan ha forskjellig utfall i lignende situasjoner. Det bør derfor sees nøyere på muligheten for å kunne endre og kontrollere valg av parameter i modellen. Det som trafikkrådgivere anser som en normalsituasjon i Norge, kan bli vurdert annerledes i andre land i Europa som man liker å sammenligne seg med. Dialogen med Aimsun bekreftet at det ikke var mulig å endre på når fotgjenger var synlig for kjøretøy, men hadde dette vært mulig kunne dette tatt utvikling av modellen i en annen retning. Å kunne manuelt justere viktige parameter som kan påvirke interaksjonen mellom kjørende og gående kan være et nyttig verktøy for en slik modell, og på det stadiet modellen som ble presentert er på nå er det en fin mulighet til å utforske dette videre.

---

## 6 Konklusjon

Denne masteroppgaven har sett på om fotgjengersimulatoren i Aimsun Next gir en realistisk beskrivelse av konflikter mellom gående og kjørende i uregulerte gangfelt. Det ble bygget modeller for å mikrosimulere og videre analysere slike konflikter for å undersøke om det finnes svakheter og tydelige forbedringsområder.

Gjennom arbeidet med å studere og analysere Aimsun Next sin fotgjengersimulator ble det funnet klare indikasjoner på at modellen har svakheter knyttet til synlighet av fotgjengere som skal benytte et gangfelt. Dette støtter opp om flere brukere sin erfaring med modellen. Aimsun bekrefter også at fotgjenger først blir synlig ca. 0.5 meter fra gangfelt, som i praksis gjør at det i simuleringer kan se ut som at fotgjengere er usynlige før man trer ut i vegbanen. Dette kan svekke troverdigheten til modellen for de som studerer animasjonene en mikrosimulering gir.

Allikevel kan ikke arbeidet som ble gjort gjennom denne masteroppgaven bekrefte eller avkrefte om dette påvirker resultatene man får ut, og eventuelt i hvilken grad. Det kan like fort kun være et problem for den visuelle fremstillingen av situasjonen, uten at resultatene faktisk er urealistiske. Men siden det uansett kan vurderes dit hen at en modell også bør fremstå realistisk under animasjonene for å sikre troverdighet til resultatene den leverer, ble det konkludert med at det i henhold til problemstillingen er mulig å forbedre fotgjengersimulatoren for mer realistiske beskrivelser av konflikter i gangfelt. Derfor ble det laget en konseptuell teoretisk modell med hensikt om å forbedre denne synlighetsproblematikken.

Det enkleste og mest entydige å identifisere som problematisk under simuleringene var kjøretøyenes retardasjon. Dette ble derfor utgangspunktet til forbedringsforslaget. Den teoretiske modellen fungerer slik at det finnes en grenseverdi for hva som er retardasjoner man kan oppnå og som bestemmer når en fører må oppdage en fotgjenger for å rekke å stoppe i tide. Det ble også gjennomført feltobservasjoner av et uregulert gangfelt for å knytte erfaringer herfra til den teoretiske modellen. Fra dette ble det laget en modell som inkluderte en influenssone med halvsirkulær geometri og radius 3.8 meter på den siden fotgjenger krysser fra. Videre ble det forsøkt å lage konsepter for vikende adferd gjennom lukeakseptmodell og påvirkningsandel gjennom en lineær fordeling. Her ble det bestemt at kjøretøy som er lenger unna enn 42 meter fra sikkerhetsmarginen ikke trenger å ta fotgjengere i influens- eller konfliktområdet i betraktning. Modellen anses som det første steget i en konseptuell modell og at det derfor forventes ytterligere utvikling og validering før modellen er klar til testing i Aimsun Next. Allikevel vurderes det ut fra denne masteroppgaven at å forbedre synlighet av fotgjengere kan gjøre fotgjengersimulatoren mer realistisk enn den er i dag.

---

## 7 Videre arbeid

Det er som nevnt en konseptuell modell som er presentert som forbedringsforslag, og det er naturlig at det gjenstår en del arbeid for å ta dette til en eventuell testing i Aimsun Next. Det første som kunne vært interessant å se videre på er å validere modellen og deretter gjøre justeringer for å tilpasse modellen. Derfor hadde det vært nyttig å gjort flere observasjoner i felt med fokus på se på fordeling av avstander til gangfelt for både kjørende og gående. Man kunne også gjort studier i felt av hvordan fotgjengere oppfører seg i og rundt gangfelt. Også føreradferd inn mot gangfelt er studier som kunne hjelpet utviklingen av en modell for bedre konfliktsimulering. Generell innhenting av et bedre datagrunnlag fra uregulerte gangfelt med tanke på konflikter, interaksjon og samhandling kan være en fin måte å få validert og justert modellen på. Å se spesifikt på en lukeakseptmodell med tanke på fotgjengere i gangfelt, både utvikling, validering og kalibrering, hadde også vært et interessant å se videre på.

Som nevnt i Kapittel 2.4.3 kan det for mer kompliserte nettverk, hvor kø forplanter seg og skaper blokkering bakover, være aktuelt å se på samhandlingsmodeller. Å se på om samhandlingsmodeller med utgangspunkt i kapasitetsberegninger kan gi bedre beskrivelser av interaksjonene mellom gående og kjørende i gangfelt når det blir mye trafikk, kan være et nyttig tilskudd til bedre simuleringer. Siden mer avanserte nettverk også består av flere krysstyper og vegutforminger kunne slike nettverk blitt undersøkt nærmere med tanke på innvirkningen forskjellige fotgjengermodeller har. Det er ikke gitt at en løsning som funker for en enkel modell som grunnmodellen i denne oppgaven ubetinget hadde fungert for større og mer avanserte nettverk. En siste ting som kunne blitt undersøkt om man ønsker å komplisere konfliktene er hvordan både eksisterende og ny modell ville fungert når man inkluderer andre myke trafikanter som syklende eller el-sparkesyklist.

Det hadde også vært interessant å fortsatt dialogen med Aimsun-teamet om en mulig testing dersom utvikling av modellen kommer dit. Ting som kan være aktuelt å se på da er sammenligninger mellom opprinnelig modell, testmodell og gangfelt fra virkeligheten. Dette kunne videre igjen blitt brukt til å si noe om det som fremstår som en synlighetsproblem i animasjonene har innvirkning på resultatene Aimsun Next gir ut ved simulering. I et samarbeid med utvikler kunne man også sett på muligheten for å implementere parameterjustering for tilpassing til lokale forhold, bestemte trafikktilstander eller situasjoner. Om dette for eksempel blir for komplisert kunne man sett på en kalibrering av modellen som gjør den tilpasset mer bestemte situasjoner som ved full vikeplikt i gangfelt, slik som i Norge.

Man kunne også sett videre på fotgjengere som befinner seg i en vegbane bestående av to motgående kjørefelt, og om avstanden mellom kjørefeltene faktisk har innvirkning på simuleringene eller ikke. En grundigere analyse av om fotgjengere kun er synlig i et kjørefelt av gangen kan utføres, for deretter å opprette en dialog med utvikler om det viser seg å kunne stemme. Fotgjengere som kan påvirke et kjørefelt eller en kjøreretning vil være en urealistisk beskrivelse sammenlignet med virkeligheten og ville vært interessant å sett videre på.



---

## Litteraturliste

- Aghabayk, Kayvan mfl. (2021). *Observational-based study to explore pedestrian crossing behaviors at signalized and unsignalized crosswalks*.
- Aimsun (2022a). *Aimsun Next User Manual - Theoretical Background*. URL: <https://docs.aimsun.com/next/22.0.1/UsersManual/TheorySection.html> (sjekket 1. des. 2022).
- (2022b). *Microsimulation Process*. URL: <https://docs.aimsun.com/next/22.0.1/UsersManual/MicrosimulationProcess.html> (sjekket 11. des. 2022).
- (2022c). *Overview*. URL: <https://www.aimsun.com/aimsun-next-overview/> (sjekket 1. nov. 2022).
- (2022d). *Pedestrian Simulator*. URL: <https://docs.aimsun.com/next/22.0.1/UsersManual/PedestrianSimulator.html> (sjekket 7. des. 2022).
- (2022e). *Theory*. URL: <https://docs.aimsun.com/next/22.0.1/UsersManual/TheorySection.html> (sjekket 10. des. 2022).
- Akademisk ordbok (2022). *Modell*. URL: <https://naob.no/ordbok/modell> (sjekket 12. des. 2022).
- Barceló, J, D. García J. Casas og J. Perarnau (2005). *Methodological notes on combining macro, meso and micro models for transport analysis*. URL: [https://www.researchgate.net/publication/242154775\\_METHODODOLOGICAL\\_NOTES\\_ON\\_COMBINING\\_MACRO\\_MESO\\_AND\\_MICRO\\_MODELS\\_FOR\\_TRANSPORTATION\\_ANALYSIS](https://www.researchgate.net/publication/242154775_METHODODOLOGICAL_NOTES_ON_COMBINING_MACRO_MESO_AND_MICRO_MODELS_FOR_TRANSPORTATION_ANALYSIS) (sjekket 15. des. 2022).
- Barceló, J. (2010). *Fundamentals of Traffic Simulation*. Springer Science.
- Elefteriadou, Lily (2014). *An Introduction to Traffic Flow Theory*. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4614-8435-6> (sjekket 1. okt. 2022).
- Felldal, Snorre (2022). *Prosjektoppgave - Forbedring av fotgjengermodellen i Aimsun Next*.
- Forde, Alberty og Janice Daniel (2021). *Pedestrian walking speed at un-signalized midblock crosswalk and its impact on urban street segment performance*. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S209575641830415X#sec6>.
- Gartner, Nathan H, Carrol J. Messer og Ajay K. Rathi (1997). *Monograph on traffic flow theory*. ORNL.
- Google Maps (2023). *Kart over Trondheim fra Google Maps*. URL: <https://www.google.com/maps/@63.4269014,10.4189762,1652a,35y,320.06h,3.79t/data=!3m1!1e3>.
- Gorrini, Andrea mfl. (2018). *Observation results on pedestrian-vehicle interactions at non-signalized intersections towards simulation*.
- Helbing, Dirk og Peter Molnar (1995). *Social force model for pedestrian dynamics*. URL: <https://journals.aps.org/pre/abstract/10.1103/PhysRevE.51.4282> (sjekket 17. des. 2022).
- Hoong-Chor Chin, Ser-Tong Quek (1997). *Measurement of Traffic Conflicts*. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753597000416> (sjekket 11. apr. 2023).
- Kessels, Femke (2019). *Traffic Flow Modelling - Introduction to Traffic Flow Theory Through a Genealogy of Models*.
- Kjosavik, Andreas (2022). *Simulering av gangfelt - Erfaringsutveksling*. Presentert på Aimsun brukermøte 22/09-2022.
- Lie-Nielsen, Anders (2021). *Fotgjengersimulering i Aimsun Next 20*.
- Miljødirektoratet (2021). *Nullvekstmål for personbiltransporten*. URL: <https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/klimatiltak/klimatiltak-for-ikke-kvotepliktige-utslipp-mot-2030/transport/nullvekstmal-for-personbiltransporten/> (sjekket 28. nov. 2022).
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2022). *Highway Capacity Manual 7th Edition: A Guide for Multimodal Mobility Analysis*. The National Academics Press.
- Olfat Mohamed, Heather Appling (2020). *Orthotics and Prosthetics in Rehabilitation. Chapter 5: Clinical Assessment of Gait; Walking Speed*. URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/walking-speed> (sjekket 30. mar. 2023).
- Samferdselsdepartementet (2022). *Forskrift om kjørende og gående trafikk (trafikkregler)*. URL: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1986-03-21-747>.
- Statens vegvesen (2014). *Håndbok V129 - Universell utforming av veier og gater*. URL: [https://www.vegvesen.no/globalassets/fag/handboker/hb-v129-universell-utforming-av-veier-og-gater\\_2011.pdf](https://www.vegvesen.no/globalassets/fag/handboker/hb-v129-universell-utforming-av-veier-og-gater_2011.pdf).
- (2017). *Håndbok V127 - Kryssingssteder for gående*.
- (2021). *Definisjonsliste*. URL: <https://www.vegvesen.no/fag/publikasjoner/handboker/definisjoner/> (sjekket 10. apr. 2023).
- (2022a). *Håndbok N100 - Veg-og gateutforming*. URL: <https://store.vegnorm.vegvesen.no/n100>.

- 
- Statens vegvesen (2022b). *N-V120 Premisser for geometrisk utforming av veger*.
- Store norske leksikon (2021). *Modell*. URL: <https://snl.no/modell> (sjekket 12. des. 2022).
- Sørensen, Michael W. J. og Tanja Loftsgarden (2010). *TØI-rapport 1108/2010: Tiltak for fotgjengere og kollektivtrafikk i bykryss*. URL: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=15864>.
- Taima, Masahiro og Tatsuru Daimon (2023). *Differences in Pedestrian Behavior at Crosswalk between Communicating with Conventional Vehicle and Automated Vehicle in Real Traffic Environment*.
- Tiwari, Geetam mfl. (2006). *Survival analysis: Pedestrian risk exposure at signalized intersections*.
- Trygg Trafikk (2022). *Hvordan medisiner kan påvirke dine ferdigheter som sjåfør*. URL: <https://www.tryggtrafikk.no/kjore/rus-og-helse/hvordan-medisiner-kan-pavirke-dine-ferdigheter-som-sjafor/>.
- TØI (2023). *Trafikksikkerhetshåndboken - 2.3 Bedring av vegdekkers friksjon*. URL: <https://www.tshandbok.no/del-2/2-vegvedlikehold/doc641/>.
- Töre, Berfin, Meital Navon-Eyal og Orit Taubman – Ben-Ari (2023). *Cross-Cultural Differences in Driving Styles: A Moderated Mediation Analysis Linking Forgivingness, Emotion Regulation Difficulties, and Driving Styles*. URL: <https://www.proquest.com/docview/2791745351?pq-origsite=primo&parentSessionId=me5NtgwYqNHVS2%5C%2BdkOKVS7jNE%5C%2FQssCISj%5C%2FTLqckU4yo%5C%3D>.
- Yue, Lishengsa mfl. (2020). *An Augmentation Function for Active Pedestrian Safety System Based on Crash Risk Evaluation*.
- Zang, Guoqin mfl. (2021). *Quantitative study of vehicle-pedestrian interactions: Towards pedestrian-adapted lighting communication functions for autonomous vehicle*.
- Aakre, Arvid (2022a). *Basic terms and relations*. Forelest 14.01.22 i TBA4286 - Trafikkavvikling og ITS ved NTNU.
- (2022b). *Priority intersections*. Forelest 07.02.22 i TBA4286 - Trafikkavvikling og ITS ved NTNU.
- (2022c). *Statistics and data analysis*. Forelest 21.01.22 i TBA4286 - Trafikkavvikling og ITS ved NTNU.
- (2022d). *Traffic flow theory 1 - Macroscopic models*. Forelest 24.01.22 i TBA4286 - Trafikkavvikling og ITS ved NTNU.
- (2022e). *Traffic flow theory 2 - Microscopic models and automated driving*. Forelest 28.01.22 i TBA4286 - Trafikkavvikling og ITS ved NTNU.
- (2023). *Personlig meddelelse om grenseverdier på retardasjon*.
- Aakre, Erlend (2014). *When Gap Acceptance Does Not Apply – A New Approach*.
- Aakre, Erlend, Annique Lenorzer og Jordi Casas (2016). *Simulating Turn Cooperation in Roundabouts and Unsignalized Intersections*.
- Aakre, Erlend og Arvid Aakre (2017). *Modeling cooperation in unsignalized intersections*.

---

## Vedlegg A

### Loggføring av urealistiske konflikter

Videonavn	Tidsmerke	Stikkord	Modell	Kjørefelt 1 eller 2	Antall kjøretøyer involvert	Antall involverte kjøretøyer	q_v [veh/h]	q_p [veh/h]	Fartsg. [km/h]	Ca avstand til gangfelt ved bremstetøy	Ca avstand til gangfelt ved bremstetøy	Aks. ved start av konfliktt/m/s <sup>2</sup>	Maksimal ret. [m/s <sup>2</sup> ]	Beskrivelse
Navn på video som analyseres	xx.xx.xxxx	F.eks usynlighet, kollisjon, sneier, bråbrems	Annet	Kjørefelt 1 eller 2	1	1	120	60	40	35	< 0.5	-1.7	-1.7	Evt kort beskrivelse av hendelse her
Ureg.1W-SS-low-low	00.04.14	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	60	40	35	< 0.5	-1.7	-1.7	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane
Ureg.1W-SS-low-low	00.07.25	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	60	40	< 5	< 0.5	-10.2	-10.2	Aks. Inn mot felt selvom fotgj. er nære. Brå brems rett før når fotgjenger virker å tre ut i felt
Ureg.1W-SS-low-low	00.19.13	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	60	40	25-30	0	-0.9	-3.1	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane
Ureg.1W-SS-low-low	00.23.44	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	60	40	< 5	< 0.5	-11.9	-11.9	Bråbrems rett før gangfelt. Fotgjenger i ferd med å krysse
Ureg.1W-SS-low-low	00.28.59	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	60	40	20	-3	-5.7	-5.7	Bremser sent men brått når fotgjenger er nesten ferdig
Ureg.1W-SS-low-low	00.31.00	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	2	120	60	40	< 5	< 0.5	-8.8	-8.8	Bråbrems rett før gangfelt. Fotgjenger i ferd med å krysse
Ureg.1W-SS-low-low	00.36.58	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	60	40	25-30	0	-1.5	-2.4	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane
Ureg.1W-SS-low-med	00.01.39	Blokkert	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	180	40	-	-	0.0	0	Fotgjenger ikke synlig, kjøretøy blokkerer gangfelt pga dette
Ureg.1W-SS-low-med	00.04.07	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	2	1	120	180	40	10	< 0.5	-4.3	-5.3	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane, bremserverdi rundt grenseverdi. Bil bak påvirket
Ureg.1W-SS-low-med	00.04.16	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	180	40	10	< 0.5	-2.2	-4.5	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane
Ureg.1W-SS-low-med	00.22.38	Blokkert	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	180	40	-	-	0.0	0	Fotgjenger ikke synlig, kjøretøy blokkerer gangfelt pga dette
Ureg.1W-SS-low-med	00.23.08	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	180	40	20	0	-2.4	-5.3	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane
Ureg.1W-SS-low-med	00.24.50	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	180	40	5	0	-3.7	-6.7	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane. Behov for brå brems
Ureg.1W-SS-low-med	00.29.00	Blokkert	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	180	40	-	-	0.0	0	Fotgjenger ikke synlig, kjøretøy blokkerer gangfelt pga dette
Ureg.1W-SS-low-med	00.29.05	Annet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	180	40	15	0	-0.2	-75.5	Unaturlig høy verdi for retardasjon
Ureg.1W-SS-low-med	00.37.56	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	180	40	5	< 0.5	-1.9	-1.9	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane
Ureg.1W-SS-low-med	00.43.37	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	180	40	< 5	0	-8.6	-8.6	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane. Behov for brå brems
Ureg.1W-SS-low-med	00.44.48	Blokkert	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	180	40	-	-	0.0	0	Fotgjenger ikke synlig, kjøretøy blokkerer gangfelt pga dette
Ureg.1W-SS-low-med	00.45.44	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	180	40	5	0	-9.4	-9.4	Bråbrems rett før gangfelt. Fotgjenger i ferd med å krysse
Ureg.1W-SS-low-med	00.49.22	Blokkert	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	180	40	-	-	0.0	0	Fotgjenger ikke synlig, kjøretøy blokkerer gangfelt pga dette
Ureg.1W-SS-low-med	00.49.23	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	3	1	120	180	40	10	0	-3.5	-3.9	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane, bremserverdi rundt grenseverdi. Bil bak påvirket
Ureg.1W-SS-low-med	00.50.27	Blokkert	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	2	120	180	40	-	-	0.0	0	Fotgjenger ikke synlig, kjøretøy blokkerer gangfelt pga dette
Ureg.1W-SS-low-high	00.03.16	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	360	40	15	< 0.5	-3.5	-3.5	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane, bremserverdi rundt grenseverdi
Ureg.1W-SS-low-high	00.05.55	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	360	40	10	0	-3.2	-5.6	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane. Behov for brå brems over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-low-high	00.06.23	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	360	40	25	0	-1.7	-1.9	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane
Ureg.1W-SS-low-high	00.14.23	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	360	40	0	< 0.5	-8.5	-8.5	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane. Behov for brå brems over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-low-high	00.17.12	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	2	1	120	360	40	0	0	-10.9	-10.9	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane. Behov for brå brems over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-low-high	00.18.32	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	360	40	20	< 0.5	-3.9	-3.9	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane, bremserverdi rundt grenseverdi.
Ureg.1W-SS-low-high	00.19.17	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	360	40	25	0	-1.2	-2.8	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane, bremserverdi rundt grenseverdi.
Ureg.1W-SS-low-high	00.21.17	Blokkert	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	2	120	360	40	-	-	0.0	0	Fotgjenger ikke synlig, kjøretøy blokkerer gangfelt pga dette
Ureg.1W-SS-low-high	00.22.35	Annet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	360	40	20-25	0	-31629.0	-31629	Unaturlig høy verdi for retardasjon
Ureg.1W-SS-low-high	00.23.09	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	360	40	10	< 0.5	-4.5	-5.7	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane, bremserverdi under grenseverdi.
Ureg.1W-SS-low-high	00.23.16	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	360	40	5	0	-2.5	-2.5	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane, bremserverdi under grenseverdi.
Ureg.1W-SS-low-high	00.27.10	Annet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	360	40	10-15	0	-4139876.0	-4139876	Unaturlig høy verdi for retardasjon
Ureg.1W-SS-low-high	00.27.19	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	360	40	0	0	-4.6	-4.6	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane, bremserverdi litt over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-low-high	00.38.44	Blokkert	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	360	40	-	-	0.0	0	Fotgjenger ikke synlig, kjøretøy blokkerer gangfelt pga dette
Ureg.1W-SS-low-high	00.38.45	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	360	40	5-10	0	-1.8	-1.8	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane, bremserverdi rundt grenseverdi. Bil bak påvirket.
Ureg.1W-SS-low-high	00.38.50	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	3	1	120	360	40	< 5	< 0.5	-2.4	-2.4	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane, bremserverdi under grenseverdi. Bil bak påvirket
Ureg.1W-SS-low-high	00.38.57	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	2	1	120	360	40	0	0	-2.3	-2.3	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane, bremserverdi under grenseverdi. Bil bak påvirket
Ureg.1W-SS-low-high	00.42.17	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	360	40	< 5	< 0.5	-7.9	-7.9	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane. Behov for brå brems over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-low-high	00.43.52	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	360	40	5	0	-8.2	-8.2	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane. Behov for brå brems over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-low-high	00.43.57	Blokkert	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	360	40	-	-	0.0	1	Fotgjenger ikke synlig, kjøretøy blokkerer gangfelt pga dette
Ureg.1W-SS-low-high	00.44.06	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	360	40	10-15	0	-3.6	-3.6	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane, bremserverdi rundt grenseverdi.
Ureg.1W-SS-low-high	00.48.44	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	360	40	5	< 0.5	-7.7	-7.7	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane. Behov for brå brems over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-low-high	00.49.20	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	360	40	15-20	< 0.5	-3.1	-3.1	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane, bremserverdi under grenseverdi.
Ureg.1W-SS-low-high	00.49.27	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	2	3	120	360	40	5	< 0.5	-4.7	-4.7	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane, bremserverdi litt over grenseverdi. Bil bak påvirket
Ureg.1W-SS-low-high	00.49.39	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	360	40	< 5	0	-2.3	-2.3	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane, bremserverdi under grenseverdi.
Ureg.1W-SS-low-high	00.50.03	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	360	40	< 5	0	-9.0	-9	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane. Behov for brå brems over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-low-high	00.50.09	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	120	360	40	-	-	1.0	1	Fotgjenger virker ikke synlig, kjøretøy fremstår derfor aggressiv
Ureg.1W-SS-med-low	00.04.14	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	60	40	15-20	0.5	-3.6	-3.6	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane, bremserverdi litt under grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-low	00.04.31	Annet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	60	40	25	-1	-106511.0	-106511	Unaturlig høy verdi for retardasjon
Ureg.1W-SS-med-low	00.07.18	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	2	1	240	60	40	5	0	-3.9	-5.2	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane. Behov for brå brems over grenseverdi. Påvirker bil bak
Ureg.1W-SS-med-low	00.07.26	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	2	1	240	60	40	5	0.5	-2.0	-7.4	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane. Behov for brå brems over grenseverdi. Påvirker bil bak
Ureg.1W-SS-med-low	00.08.59	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	2	1	240	60	40	0	< 0.5	-8.3	-8.3	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane. Behov for brå brems over grenseverdi. Påvirker bil bak
Ureg.1W-SS-med-low	00.13.01	Annet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	60	40	20	-1	-0.7	-31988	Unaturlig høy verdi for retardasjon. Virket realistisk frem til dette.
Ureg.1W-SS-med-low	00.20.42	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	60	40	-	-	0.0	0	Fotgjenger ikke synlig, kjøretøy blokkerer gangfelt pga dette
Ureg.1W-SS-med-low	00.21.48	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	60	40	5-10	0.5	-5.4	-5.4	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane, bremserverdi over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-low	00.28.23	Blokkert	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	2	240	60	40	-	-	0.0	0	Fotgjenger ikke synlig, kjøretøy blokkerer gangfelt pga dette

Ureg.1W-SS-med-low	00.30.43	Blokkert	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	60	40	-	-	0,0	0,3	Fotgjenger ikke synlig. Kjøretøy blokkerer gangfelt pga dette
Ureg.1W-SS-med-low	00.35.58	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	60	40	10	< 0.5	-3,2	-3,2	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane, Bremseverdi litt under grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-low	00.45.00	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	60	40	< 5	0	-6,7	-6,7	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane. Behov for brå brems over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-low	00.48.51	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	60	40	15-20	< 0.5	-3,3	-3,3	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane, Bremseverdi litt under grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-low	00.53.31	Blokkert	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	60	40	-	-	0,0	0	Fotgjenger ikke synlig. Kjøretøy blokkerer gangfelt pga dette
Ureg.1W-SS-med-med	00.04.43	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	15-20	0.5	-1,4	-78449	Unaturlig høy verdi for retardasjon. Virket også ha synlighetsprob. før dette
Ureg.1W-SS-med-med	00.06.25	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	15	< 0.5	-3,0	-3	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdi under grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-med	00.06.31	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	-1	0	-1,5	-1,5	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdi under grenseverdi. Starter aks rett foran før ny stopp.
Ureg.1W-SS-med-med	00.10.20	Annet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	5	1	240	180	40	< 5	-3	N/A	N/A	Unaturlig høy verdi for retardasjon. Virket realistisk før det.
Ureg.1W-SS-med-med	00.10.28	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	3	1	240	180	40	-	1	0,0	0	Fotgjenger virker ikke synlig. Kjøretøy blokkerer gangfelt pga dette
Ureg.1W-SS-med-med	00.10.29	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	3	1	240	180	40	-2	< 0.5	-9,4	-9,4	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems over grenseverdi. Påvirker bil bak.
Ureg.1W-SS-med-med	00.12.22	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	2	1	240	180	40	-	1	-9,4	-9,4	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdi over grenseverdi. Påvirker bil bak.
Ureg.1W-SS-med-med	00.13.13	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	20-25	0	-1,2	-1,7	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdi under grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-med	00.14.15	Annet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	-	-	-2,2	-709205393	Unaturlig høy verdi for retardasjon. Virket realistisk før det.
Ureg.1W-SS-med-med	00.23.08	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	5-10	0.5	-2,9	-3,8	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdi rett under grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-med	00.27.49	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	10	0.5	-3,6	-3,8	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdi rett under grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-med	00.27.56	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	0	< 0.5	-8,0	-8	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-med	00.29.37	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	10	< 0.5	-2,9	-3,3	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdi under grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-med	00.30.51	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	-	2	0,0	0	Fotgjenger virker ikke synlig. Kjøretøy blokkerer gangfelt pga dette.
Ureg.1W-SS-med-med	00.31.59	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	< 5	< 0.5	-9,7	-9,7	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-med	00.34.18	Blokkert	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	3	1	240	180	40	-	1	0,0	0	Fotgjenger virker ikke synlig. Kjøretøy blokkerer gangfelt pga dette.
Ureg.1W-SS-med-med	00.34.19	Annet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	2	1	240	180	40	10	< 0.5	-19,6	-19,6	Unaturlig høy verdi for retardasjon i starten. Justert kjøpt til mer normal, men virket som synlighetsrelatert
Ureg.1W-SS-med-med	00.34.53	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	5	0	-13,5	-13,5	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems unaturlig over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-med	00.35.31	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	< 5	0.5	-9,5	-9,5	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-med	00.37.52	Blokkert	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	-	1	0,0	0	Fotgjenger virker ikke synlig. Kjøretøy blokkerer gangfelt pga dette.
Ureg.1W-SS-med-med	00.41.31	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	10-15	< 0.5	-4,2	-4,2	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdi rett over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-med	00.41.39	Annet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	15	-3	-22,2	-22,2	Unaturlig høy verdi for retardasjon i starten. Justert kjøpt til mer normal, men virket som synlighetsrelatert
Ureg.1W-SS-med-med	00.47.56	Blokkert	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	-	1	0,0	0	Fotgjenger virker ikke synlig. Kjøretøy blokkerer gangfelt pga dette.
Ureg.1W-SS-med-med	00.54.24	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	15	0	-3,8	-3,8	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdi rett under grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-med	00.54.48	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	5	< 0.5	-11,5	-11,5	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-med	00.55.39	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	15-20	0.5	-4,0	-4	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdi på grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-med	00.56.35	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	10	0.5	-4,3	-4,3	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdi over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-med	00.56.51	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	2	1	240	180	40	-	0.5	0,0	0	Fotgjenger virker ikke synlig. Kjøretøy blokkerer gangfelt pga dette.
Ureg.1W-SS-med-med	00.56.53	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	< 5	0	-9,1	-9,1	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems over grenseverdi.
							40							
Ureg.1W-SS-med-high	00.00.35	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	10	< 0.5	-3,3	-4,8	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdi rett over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-high	00.00.38	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	0	0	0,9	-0,7	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdi under grenseverdi. Starter aks rett foran før ny stopp.
Ureg.1W-SS-med-high	00.01.46	Annet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	-	-	-0,6	-613	Unaturlig høy verdi for retardasjon. Virket realistisk før det.
Ureg.1W-SS-med-high	00.02.03	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	10	0.5	-2,9	-5,1	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-high	00.03.49	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	10-15	< 0.5	-3,5	-3,5	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdi under grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-high	00.04.24	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	5-10	< 0.5	-6,5	-6,5	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-high	00.06.27	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	-	1	0,0	0	Fotgjenger virker ikke synlig. Kjøretøy blokkerer gangfelt pga dette.
Ureg.1W-SS-med-high	00.07.26	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	3	1	240	360	40	0	0.5	-0,7	-3,7	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdi under grenseverdi. Starter aks rett foran før ny stopp.
Ureg.1W-SS-med-high	00.08.00	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	2	1	240	360	40	0	0	-10,7	-10,7	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems unaturlig over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-high	00.09.33	Blokkert	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	-	1	0,0	0	Fotgjenger virker ikke synlig. Kjøretøy blokkerer gangfelt pga dette.
Ureg.1W-SS-med-high	00.09.40	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	0	1	1,0	-1,3	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdi under grenseverdi. Starter aks rett foran før ny stopp.
Ureg.1W-SS-med-high	00.09.49	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	-1	< 0.5	1,0	-2,2	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdi under grenseverdi. Starter aks rett foran før ny stopp.
Ureg.1W-SS-med-high	00.12.22	Blokkert	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	2	1	240	360	40	-	1	0,0	0	Fotgjenger virker ikke synlig. Kjøretøy blokkerer gangfelt pga dette.
Ureg.1W-SS-med-high	00.12.24	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	2	1	240	360	40	< 5	0	1,0	-5	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdi under grenseverdi. Starter aks rett foran før ny stopp.
Ureg.1W-SS-med-high	00.13.01	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	10	< 0.5	-3,2	-3,2	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdi under grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-high	00.13.17	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	15	< 0.5	-4,0	-4	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdi på grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-high	00.14.13	Blokkert	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	-	1	0,0	0	Fotgjenger virker ikke synlig. Kjøretøy blokkerer gangfelt pga dette.
Ureg.1W-SS-med-high	00.15.42	Blokkert	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	2	1	240	360	40	-	0.5	0,0	0	Fotgjenger virker ikke synlig. Kjøretøy blokkerer gangfelt pga dette.
Ureg.1W-SS-med-high	00.15.42	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	10-15	0.5	-31,3	-31,3	Unaturlig høy verdi for retardasjon i starten. Justert kjøpt til mer normal, men virket som synlighetsrelatert
Ureg.1W-SS-med-high	00.15.58	Blokkert	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	-	0.5	0,0	0	Fotgjenger virker ikke synlig. Kjøretøy blokkerer gangfelt pga dette.
Ureg.1W-SS-med-high	00.16.40	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	10	< 0.5	-2,4	-5,3	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-high	00.22.00	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	3	2	240	360	40	10-15	1	-3,9	-3,9	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdi rett under grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-high	00.23.09	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	-1	< 0.5	-9,3	-9,3	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-high	00.27.56	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	< 5	0	-11,5	-11,5	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems unaturlig over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-high	00.28.48	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	15	0	-4,3	-4,3	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdi rett over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-high	00.31.27	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	-2	0	-9,4	-9,4	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-high	00.35.00	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	< 5	< 0.5	-9,6	-9,6	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-high	00.37.36	Blokkert	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	-	< 0.5	0,0	0	Fotgjenger virker ikke synlig. Kjøretøy blokkerer gangfelt pga dette.
Ureg.1W-SS-med-high	00.40.46	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	20	0	-2,3	-2,5	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdi under grenseverdi.

Ureg.1W-SS-med-high	00.42.18	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	0	< 0.5	-9,2	-9,2	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-high	00.43.57	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	5	< 0.5	-10,5	-10,5	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems utenfor ureturlig over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-high	00.45-39	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	3	1	240	360	40	15	< 0.5	-3,7	-3,7	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdier under grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-high	00.45.52	Blokkert	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	-	0.5	0,0	0	Fotgjenger virker ikke synlig. Kjøretry blokkerer gangfelt pga dette.
Ureg.1W-SS-med-high	00.47.39	Annet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	5	-3	-0,9	-345	Unaturlig høy verdi for retardaasjon. Virket realistisk før det.
Ureg.1W-SS-med-high	00.47.47	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	2	240	360	40	< 5	< 0.5	-7,9	-7,9	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-high	00.48.07	Annet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	3	1	240	360	40	5	-3	-2,2	-934	Unaturlig høy verdi for retardaasjon. Virket realistisk før det.
Ureg.1W-SS-med-high	00.48.35	Blokkert	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	-	1	0,0	0	Fotgjenger virker ikke synlig. Kjøretry blokkerer gangfelt pga dette.
Ureg.1W-SS-med-high	00.48.44	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	10	1	-3,5	-4	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdier på grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-high	00.49.21	Blokkert	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	-	1	0,0	0	Fotgjenger virker ikke synlig. Kjøretry blokkerer gangfelt pga dette.
Ureg.1W-SS-med-high	00.50.48	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	2	1	240	360	40	10	0.5	-3,1	-5,1	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-high	00.53.17	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	2	1	240	360	40	10	0	-2,6	-5	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-high	00.53.23	Blokkert	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	2	1	240	360	40	0	1	0,6	0	Fotgjenger virker ikke synlig. Kjøretry blokkerer gangfelt pga dette.
Ureg.1W-SS-med-high	00.53.24	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	< 5	0	-0,9	-2,5	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdier under grenseverdi. Starter aks rett foran før ny stopp.
Ureg.1W-SS-med-high	00.53.54	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	2	240	360	40	10	< 0.5	-4,0	-5,3	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-high	00.54.28	Blokkert	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	0	1	1,0	0	Fotgjenger virker ikke synlig. Kjøretry blokkerer gangfelt pga dette.
Ureg.1W-SS-med-high	00.55.12	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	5	< 0.5	-7,2	-7,2	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-high	00.55.16	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	0	< 0.5	0,5	-0,6	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdier under grenseverdi. Starter aks rett foran før ny stopp.
Ureg.1W-SS-med-high	00.55.40	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	5-10	0	-4,8	-4,8	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-high	00.57.02	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	< 5	0	-9,1	-9,1	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems over grenseverdi.
Ureg.1W-SS-med-high	00.57.08	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 1-veis-SPS	1	1	1	240	360	40	< 5	< 0.5	0,8	-0,8	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdier under grenseverdi. Starter aks rett foran før ny stopp.
									40					
Ureg.2W-SS-med-med	00.01.21	Kollisjon	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	2	1	1	240	180	40	3	0	-3,3	-3,3	Fotgjenger virker ikke synlig før ute i gangfelt. Kjøretry bremses ikke tilstrekkelig til stopp. Kollisjon.
Ureg.2W-SS-med-med	00.02.42	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	2	1	1	240	180	40	5	0	-3,7	-6,8	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane. Behov for brå brems over grenseverdi.
Ureg.2W-SS-med-med	00.04.08	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	10-15	< 0.5	-4,4	-4,4	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdier rett over grenseverdi.
Ureg.2W-SS-med-med	00.04.10	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	2	1	1	240	180	40	15	-1	-3,5	-3,5	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdier rett under grenseverdi.
Ureg.2W-SS-med-med	00.04.20	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	2	1	1	240	180	40	10	0	-2,9	-2,9	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdier under grenseverdi.
Ureg.2W-SS-med-med	00.04.44	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	10-15	< 0.5	-4,0	-4	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdier på grenseverdi.
Ureg.2W-SS-med-med	00.05.29	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	1	2	1	240	180	40	3	< 0.5	-7,9	-7,9	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems over grenseverdi.
Ureg.2W-SS-med-med	00.05.35	Blokkert	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	0	< 0.5	1,0	0	Fotgjenger virker ikke synlig. Kjøretry blokkerer gangfelt pga dette.
Ureg.2W-SS-med-med	00.08.23	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	0	< 0.5	-6,0	-6	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems over grenseverdi.
Ureg.2W-SS-med-med	00.10.28	Blokkert	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	1	3	1	240	180	40	-2	1	1,0	0	Fotgjenger virker ikke synlig. Kjøretry blokkerer gangfelt pga dette.
Ureg.2W-SS-med-med	00.10.29	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	1	2	1	240	180	40	0	0	-7,6	-7,6	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems over grenseverdi.
Ureg.2W-SS-med-med	00.12.23	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	0	< 0.5	-9,8	-9,8	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems utenfor ureturlig over grenseverdi.
Ureg.2W-SS-med-med	00.13.14	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	10	1	-5,1	-5,1	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems over grenseverdi.
Ureg.2W-SS-med-med	00.15.03	Kollisjon	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	2	1	1	240	180	40	5	0	-4,9	-4,9	Fotgjenger virker ikke synlig før ute i gangfelt. Kjøretry bremses ikke tilstrekkelig til stopp. Kollisjon.
Ureg.2W-SS-med-med	00.21.35	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	1	2	1	240	180	40	10	0,5	-6,6	-6,6	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems over grenseverdi.
Ureg.2W-SS-med-med	00.22.50	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	10	< 0.5	-4,8	-4,8	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems over grenseverdi.
Ureg.2W-SS-med-med	00.26.46	Kollisjon	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	2	2	1	240	180	40	5	0	-3,6	-3,6	Fotgjenger virker ikke synlig før ute i gangfelt. Kjøretry bremses ikke tilstrekkelig til stopp. Kollisjon.
Ureg.2W-SS-med-med	00.27.11	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	2	1	1	240	180	40	10	0	-3,6	-3,6	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdier rett under grenseverdi.
Ureg.2W-SS-med-med	00.27.50	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	5	0,5	-9,2	-9,2	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems utenfor ureturlig over grenseverdi.
Ureg.2W-SS-med-med	00.27.56	Blokkert	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	0	0,5	0,8	0	Fotgjenger virker ikke synlig. Kjøretry blokkerer gangfelt pga dette.
Ureg.2W-SS-med-med	00.29.38	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	2	< 0.5	-7,4	-7,4	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems over grenseverdi.
Ureg.2W-SS-med-med	00.29.54	Kollisjon	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	2	2	1	240	180	40	0	0	-4,4	-4,4	Fotgjenger virker ikke synlig før ute i gangfelt. Kjøretry bremses ikke tilstrekkelig til stopp. Kollisjon.
Ureg.2W-SS-med-med	00.32.25	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	2	1	1	240	180	40	15	-2	-3,3	-6,9	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems over grenseverdi.
Ureg.2W-SS-med-med	00.33.33	Blokkert	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	0	0,5	1,0	0	Fotgjenger virker ikke synlig. Kjøretry blokkerer gangfelt pga dette.
Ureg.2W-SS-med-med	00.34.19	Blokkert	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	1	3	1	240	180	40	-3	1	0,0	0	Fotgjenger virker ikke synlig. Kjøretry blokkerer gangfelt pga dette.
Ureg.2W-SS-med-med	00.34.52	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	15	0,5	-4,3	-4,3	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems over grenseverdi.
Ureg.2W-SS-med-med	00.35.22	Blokkert	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	0	1	0,0	0	Fotgjenger virker ikke synlig. Kjøretry blokkerer gangfelt pga dette.
Ureg.2W-SS-med-med	00.36.11	Kollisjon	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	2	3	1	240	180	40	3	0	-3,4	-3,4	Fotgjenger virker ikke synlig. Kjøretry blokkerer gangfelt pga dette. Kjøretry bremses ikke tilstrekkelig til stopp. Kollisjon.
Ureg.2W-SS-med-med	00.36.15	Blokkert	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	2	2	1	240	180	40	-2	0,5	1,0	0	Fotgjenger virker ikke synlig før ute i gangfelt. Kjøretry bremses ikke tilstrekkelig til stopp. Kollisjon.
Ureg.2W-SS-med-med	00.39.55	Kollisjon	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	2	1	1	240	180	40	10	0	0,0	4,4	Fotgjenger virker ikke synlig før ute i gangfelt. Kjøretry bremses ikke tilstrekkelig til stopp. Kollisjon.
Ureg.2W-SS-med-med	00.41.34	Kollisjon	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	2	1	1	240	180	40	10	0	0,1	-2,1	Fotgjenger virker ikke synlig før ute i gangfelt. Kjøretry bremses ikke tilstrekkelig til stopp. Kollisjon.
Ureg.2W-SS-med-med	00.41.40	Kollisjon	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	2	1	1	240	180	40	10	0	0,0	-2,3	Fotgjenger virker ikke synlig før ute i gangfelt. Kjøretry bremses ikke tilstrekkelig til stopp. Kollisjon.
Ureg.2W-SS-med-med	00.42.11	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	2	2	1	240	180	40	10	0	0,0	-3,5	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdier rett under grenseverdi.
Ureg.2W-SS-med-med	00.44.24	Blokkert	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	2	1	1	240	180	40	-2	0,5	0,0	0	Fotgjenger virker ikke synlig. Kjøretry blokkerer gangfelt pga dette.
Ureg.2W-SS-med-med	00.45.32	Blokkert	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	-3	< 0.5	0,0	0	Fotgjenger virker ikke synlig. Kjøretry blokkerer gangfelt pga dette.
Ureg.2W-SS-med-med	00.45.45	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	1	2	1	240	180	40	5	0,5	-6,5	-6,5	Fotgjenger virker ikke synlig. Behov for bråbrems over grenseverdi.
Ureg.2W-SS-med-med	00.49.27	Kollisjon	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	2	1	1	240	180	40	-2	-1	0,0	0	Fotgjenger virker ikke synlig før ute i gangfelt. Kjøretry bremses ikke. Kollisjon/blokkering.
Ureg.2W-SS-med-med	00.50.31	Kollisjon	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	2	1	1	240	180	40	-5	0	0,0	0	Fotgjenger virker ikke synlig før ute i gangfelt. Kjøretry bremses ikke. Kollisjon/blokkering.
Ureg.2W-SS-med-med	00.52.17	Brå brems pga synlighet	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	2	1	1	240	180	40	0	0	0,0	-8,7	Fotgjenger virker usynlig uten for vegbane. Behov for brå brems over grenseverdi.
Ureg.2W-SS-med-med	00.54.25	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	15	0,5	-3,5	-3,5	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdier rett under grenseverdi.
Ureg.2W-SS-med-med	00.55.29	Synlighetsprob.	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	1	1	1	240	180	40	15	< 0.5	-3,8	-3,8	Fotgjenger virker ikke synlig. Bremseverdier rett under grenseverdi.
Ureg.2W-SS-med-med	00.55.51	Kollisjon	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	2	1	1	240	180	40	10	0	0,0	0	Fotgjenger virker ikke synlig før ute i gangfelt. Kjøretry bremses ikke tilstrekkelig til stopp. Kollisjon.
Ureg.2W-SS-med-med	00.57.31	Annet	Enkelt gangfelt: 2-veis-SPS	2	1	1	240	180	40	10	0	-0,5	-18787	Unaturlig høy verdi for retardaasjon. Virket også urealistisk før det mtp synlighet og reaksjon

---

## Vedlegg B

### Telling av konflikter





---

## Vedlegg C

### Observasjoner av konflikt mellom fotgjenger og kjøretøy

#### Kamera 1

Obs. #:	Konflikt?	Ped. krysser fra:	Synlig BL/brems:	Kjt. Pass. når BL/brems aktivert:	Ped. pass. ved brems:	Ped. Pass. v/kjt.aks./passering:	Kommentar:
1	Ja	Motsatt side	Nei	Ingen synlig retardasjon	-	-	Kjt inn i kamerasonen når ped har passert motsatt sykkelfelt. Ingen stopp eller merkbar aks. Antar at fot av gasspedal.
2	Ja	Motsatt side	Ja	Før kjt. Er inne i bildet/kamerasonen	Ca midt i motsatt kjørefelt	Overgang kjørefelt/sykkelfelt	Kjt slipper brems uten stor aks. Ped er nølende før kryss og stopper nesten selv om kjt bremses
3	Ja	Samme side	Ja	Før kjt. Er inne i bildet/kamerasonen	På fortasikant foran fotgjengerfelt	Halveis i aktuelt kjørefelt	Kjt virker å bremse kraftig og slipper også brems tidlig. Ped sakker farten rett før kryssing. Passiv adferd
4	Ja	Samme side	Ja	Retten etter kjt er synlig kamerasonen	Ca Midt i kjørefelt	ca midt i vegen/midtlinje	Kun en kort men hard brems som slippes raskt så fort ped er ute av konfliktsonen
5	Ja	Samme side	Ja	Før kjt. Er inne i bildet/kamerasonen	På fortasikant foran fotgjengerfelt	ca krysset midt i vegen/midtlinje	Ped stopper opp før kryss og søker samhandling
6	Ja	Samme side	Ja	Før kjt. Er inne i bildet/kamerasonen	Ca 5 meter fra fotgjengerfelt	Ca midt i kjørefelt	Kraftig brems og full stopp langt unna fotgjengerfelt for kjt. Slipper brems tidlig men har god klaring. Forsiktig aks til ped er ute av konfliktsonen
7	Ja	Motsatt side	Ja	Ingen synlig bremselys, men virker å   kjt synes)	Ca Midt i kjørefelt (når passerer)	Ca 1/2 inn på fortau (når kjt passerer)	Ingen synlig bremselys men fart virker å avta. Meget forsiktig passering i lav fart.
8	Ja	Motsatt side	Nei	-	-	-	Kan virke som at solen blander bremselys, så vanskelig å trekke noe ut fra denne observasjonen
9	Ja	Samme side	Ja	Før kjt. Er inne i bildet/kamerasonen	Retten foran fortasikant foran fotgjengerfelt	Litt over midtlinje/over i motsatt kjørefelt	Ped opptrer forsiktig mot fotgjengerfelt. Kjt gir god klaring før passering da ped er over i motsatt kjørefelt.

---

## Kamera 2

Obs. #:	Konflikt?	Ped. krysser fra:	Synlig Bl/brems:	Kjt. Pass. når Bl/brems aktivert:	Ped. pass. ved brems:	Ped. Pass. v/kjt.aks./passering:	Kommentar:
1 Ja	Motsatt side	Ja	Før kjt. Er inne i bildet/kamerason	I motsatt sykkelfelt	Overgang kjørefelt/sykkelfelt		
2 Ja	Motsatt side	Ja	Før kjt. Er inne i bildet/kamerason	I overgang fartauskant/motsatt sykkelfelt	Overgang kjørefelt/sykkelfelt		Ikke relevant
3 Nei	Samme side	-	-	Overgang mellom kj.felt og sykkelfelt	Ca midt i veien/ved midtlinje		Bremselys forsvinner når fotgjenger går over i motsatt felt
4 Ja	Samme side	Ja	Før kjt. Er inne i bildet/kamerason	Ca midt i veien/ved midtlinje	Hvor kjørefelt og sykkelfelt møtes		Ikke relevant
5 Ja	Motsatt side	Ja	Før kjt. Er inne i bildet/kamerason	-	-		Ped krysser ikke, men det ser sånn ut for kjt. Kjt slipper opp når nærme nok til å anta at kryssing ikke vil skje. Ped står nærmest stille på fortau, men foran fotgjengerfelt
6 Nei	Samme side	-	-	-	-		Samme ped som i #7. Lite aggressiv adferd og opptrår forsiktig. Ped står helt stille ved fortauskant til kjt stopper helt opp ved fotgjengerfelt.
7 Ja	Samme side	Ja	Før kjt. Er inne i bildet/kamerason	Ca midt på fortau foran fotgjengerfelt	Ca midt på fortau foran fotgjengerfelt		Kjt slipper opp brems ca når ped krysser midtlinje Kjt slipper brems tidlig, men har god avstand til fotgjengerovergang.
8 Ja	Samme side	Ja	Før kjt. Er inne i bildet/kamerason	Ved fortauskant Ca 1/2 meter fra	Ca midt i veien/ved midtlinje		Fotgjenger krysser ikke, men går forbi fotgjengerovergang
9 Ja	Samme side	Ja	Før kjt. Er inne i bildet/kamerason	sykkelfelt på fortau 1/2-1 meter fra	Ca midt i veien/ved midtlinje		Kjt slipper opp brems ca når ped krysser midtlinje Kjt slipper brems tidlig, men har god avstand til fotgjengerovergang.
10 Ja	Samme side	Ja	Før kjt. Er inne i bildet/kamerason	sykkelfelt på fortau	Ca midt i aktuelt kjørefelt		-
11 Nei	Samme side	-	-	-	-		-
12 Ja	Samme side	Ja	Før kjt. Er inne i bildet/kamerason	Ca midt på fortau foran fotgjengerfelt	Passert bredden av fotgjengerfelt		Fotgjenger krysser ikke, men går forbi fotgjengerovergang
13 Ja	Samme side	Nei	Ingen synlig retardsjon	Langt ut til siden på fortau vekk fra sykkelfelt	Rett foran fotgjengerfelt		Ingen synlig bremsing, kjt tar ikke hensyn til at ped skal krysse
14 Ja	Samme side	Nei	Ingen synlig retardsjon	Litt unna fotgjengerfelt, men nære fortauskant	Ingen synlig akselerasjon		Fotgjenger går forbi fotgjengerfelt, men viser ingen tegn til å krysse. Går noe nærme som kunne ha påvirket bremsing
15a Ja	Samme side	Ja	Ca 1/3 inn kamerason	1-1,5 meter fra fotgjengerfelt (foran)	1-1,5 meter fra fotgjengerfelt (foran)		Kjt slipper opp brems ca umiddelbart da fotgjenger virker svært passiv
15b Ja	Samme side	Ja	Ca 1/2 inn i kamerason (11 vegstreke fotgjengerfelt)	ca 1 meter foran fotgjengerfelt	Ca midt i veien/midtlinje		Ped svært passiv og står i ro til kjøretøy stopper helt opp før kryssing begynner. Kjt nesten helt fremme ved fotgjengerfelt da.
16 Ja	Samme side	Nei	Ingen synlig retardsjon	Står rett foran fotgjengerfelt	Ca midt i veien/midtlinje		Ped søker samhandling tidlig og dette fører kanskje til at nedbremsing skjer uten for kamerason. Meget tydelig akselerasjon fra kjt tyder på svært lav hastighet.
17 Ja	Motsatt side	Ja	Før kjt. Er inne i bildet/kamerason	Ca midt i motgående kjørefelt	Ca 1/2 meter fra overgang kjørefelt/sykkelfelt		Kjt slipper brems ca 2-4 meter fra fotgjengerfelt
18 Nei	Samme side	-	-	-	-		Ingen synlig konflikt mellom ped og kjt

				Overgang mellom fortauskant og sykkelfelt	ca 1 meter ut i motgående kjørefelt	Ped opptrer nølende, men stopper aldri. Kjt opptrer forsiktig og gir stor klaring før aks.
19	Ja	Samme side	Ja	Ca 1/4 inn i kamerasonene		
20	Ja	Motsatt side	Ja	Før kjt. Er inne i bildet/kamerasonene	Motsatt fortauskant	Ca midt i aktuelt kjørefelt
21	Ja	Motsatt side	Ja	Før kjt. Er inne i bildet/kamerasonene	I motsatt sykkelfelt	Ca 1/2 meter fra sykkelfelt
22	Ja	Samme side	Ja	Før kjt. Er inne i bildet/kamerasonene	I aktuelt sykkelfelt	Ca midt i aktuelt kjørefelt
23	Ja	Samme side	Ja	Ca halvveis inn i kamerasonene	Fortauskant foran fotgjengerfelt	Ca midt i vegen/midtlinje
24	Ja	Samme side	Ja	Ca 1/3 inn i kamerasonene	Fortauskant foran fotgjengerfelt	Rett etter fotgjengerfelt
25a	Ja	Motsatt side	Nei	Ingen synlig retardasjon	Ca 1,5 meter fra fortauskant	Ingen synlig akselerasjon
25b	Ja	Motsatt side	Ja	Rett før fotgjengerfelt. Ca 5 meter	Ca midt i motgående kjørefelt	Ca 1/2 meter fra overgang kjørefelt/sykkelfelt

---

## Vedlegg D

### Diskusjonsnotat til Aimsun



DEPARTMENT OF CIVIL AND ENVIRONMENTAL  
ENGINEERING

MASTER THESIS DISCUSSION NOTE

---

# Aimsun Pedestrian Simulator

---

*Author:*  
Snorre Felldal

February, 2023

---

## Introduction

This discussion note is based on early work and investigations connected to Snorre Felldal's master's thesis at NTNU in 2023. The thesis concerns possible problems, weaknesses, (and potential solutions) discovered with the Aimsun Pedestrian Simulator. The research and documentation are still in progress, and some questions need answering, hopefully from the Aimsun Next developer team.

The master's thesis investigates and studies the pedestrian model and simulator first launched with Aimsun Next 20. To simulate conflicts between vehicles and pedestrians, two simple models have been built. They consist of either a one-way or a two-way road and a pedestrian crossing inside a Pedestrian Area. The pedestrian flow crosses the road from both sides, creating conflicts with passing vehicles. The flow values are random but aim to create a large number of conflicts while making each conflict easy to isolate and identify. Therefore, nine different traffic states have been created for each model, giving a total of 18 different simulations. To help identify unrealistic situations, a view style has been created and included in the simulation, showing each vehicle's acceleration at all times.

All 18 simulations have been recorded, and each conflict between a pedestrian will be logged, described, and classified as realistic or unrealistic. The preliminary analysis shows some weaknesses and possible patterns, creating important questions that need answering before the master's thesis goes deeper into the analysis of the pedestrian simulator. The results of the preliminary analysis and the following questions will be presented in the next section.

## Results: Identified Problems and Weaknesses

One of the first findings of the simulation was that vehicles do not seem to see pedestrians crossing the road before they step into the lane. This is problematic because it does not accurately depict the normal interaction between vehicles and pedestrians. This issue was identified by analyzing the vehicles' deceleration. When braking, the view style displayed a negative acceleration when the vehicle detected the crossing pedestrian. Figure 1 shows an example before a vehicle sees a pedestrian, and Figure 2 shows an example of a detected pedestrian and negative acceleration.

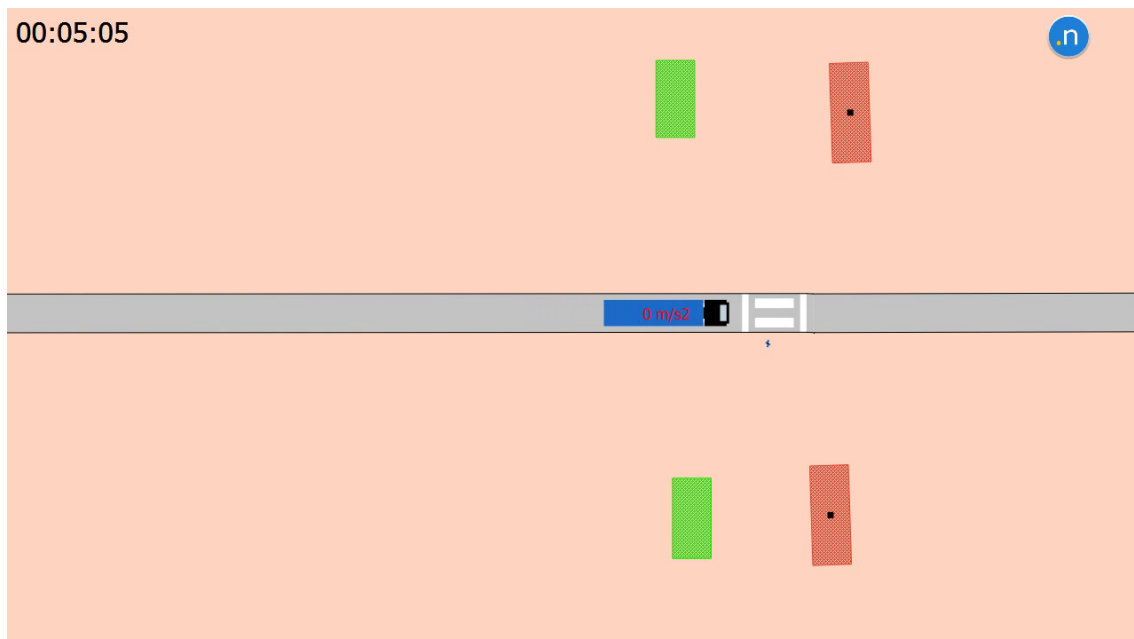


Figure 1: Before detecting pedestrian



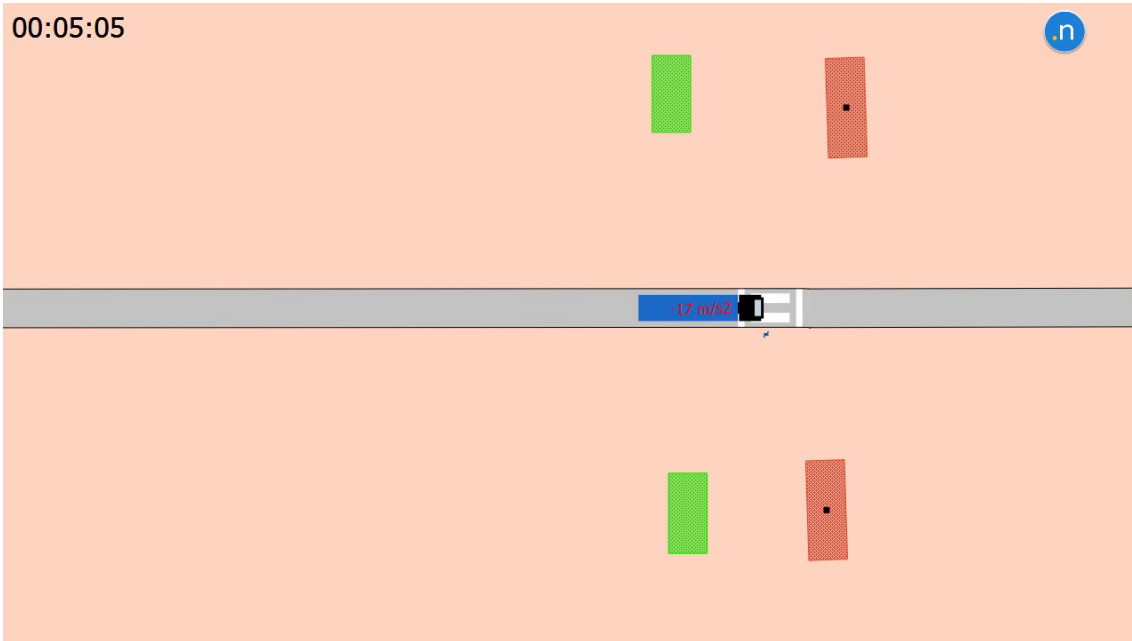


Figure 2: After detecting pedestrian

This seems to occur in every vehicle-pedestrian conflict, but the difference is mostly in the distance between the vehicle and the crossing pedestrian when detected. This results in a relatively large variation in the deceleration, ranging from  $-1 \text{ m/s}^2$  to around  $-10 \text{ m/s}^2$ , but values less than  $-10 \text{ m/s}^2$  also occur, indicating a hard and abrupt stop. Some additional examples of this variation are shown in Figure 3 to 5.

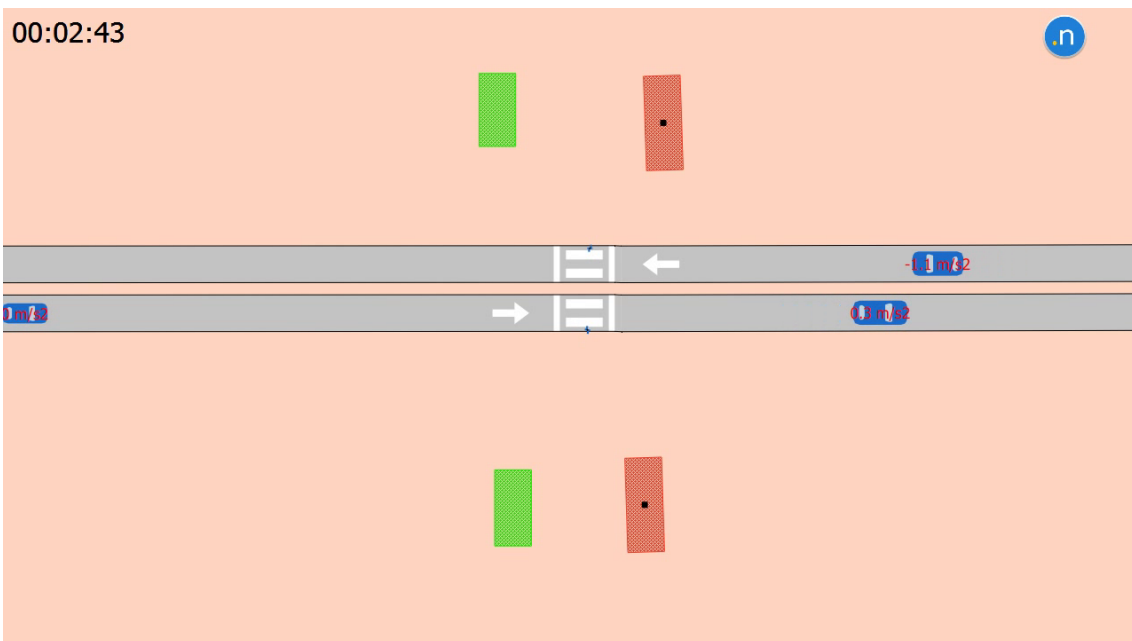


Figure 3: Example of the deceleration span.

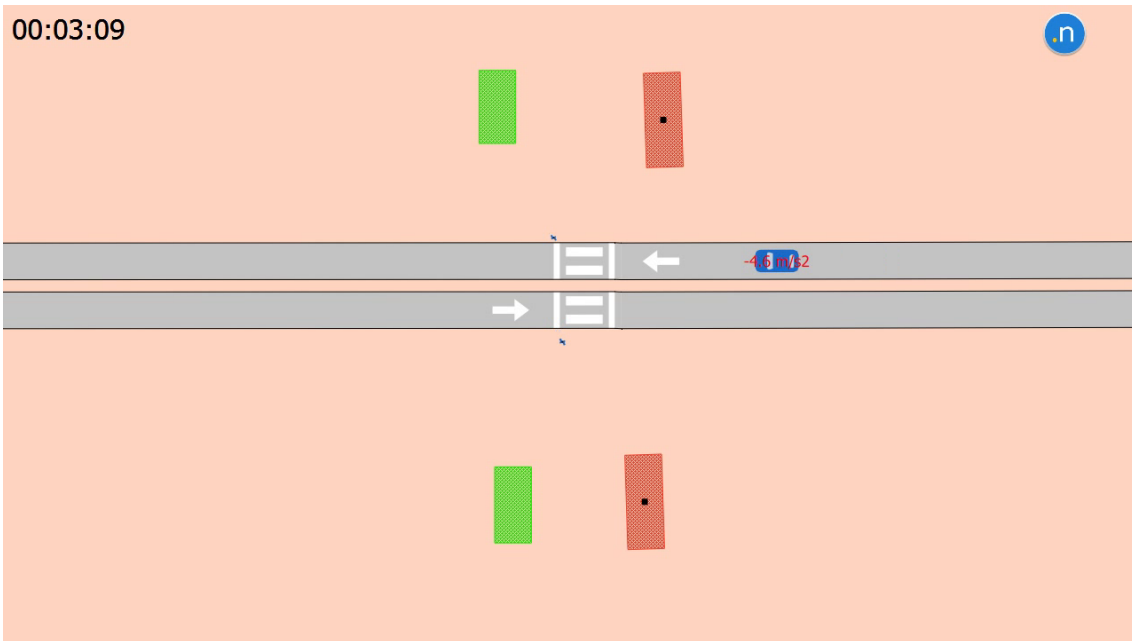


Figure 4: Lower area of the deceleration span.

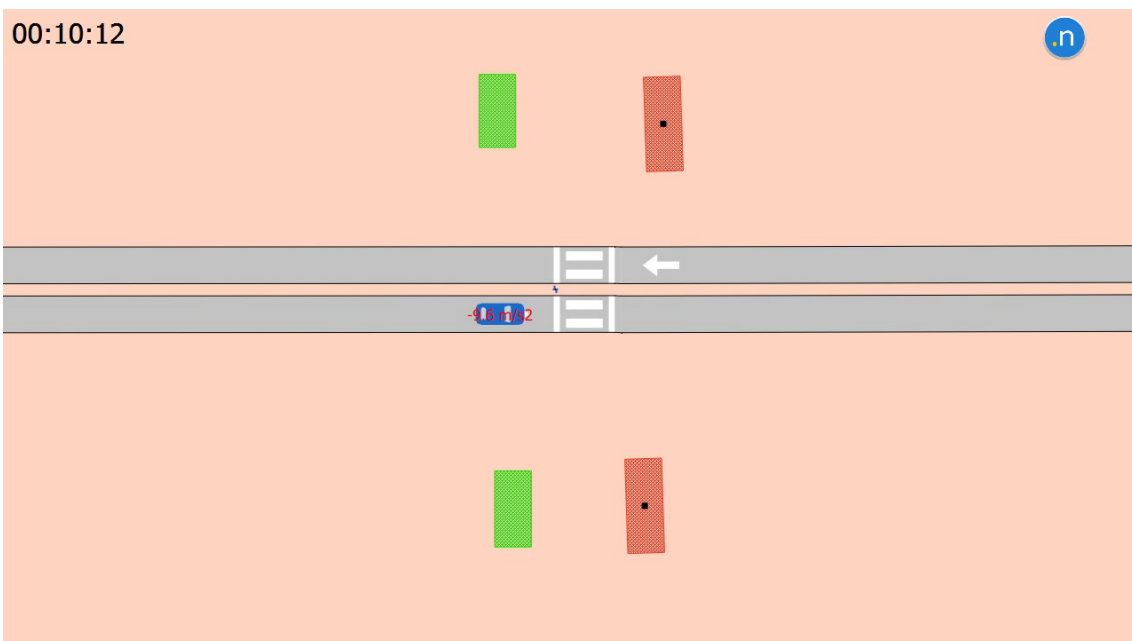


Figure 5: Lower area of the deceleration span.

Another example of an unrealistic simulation of conflicts is that the visibility issue also appears to be lane-dependent. This means that a crossing pedestrian may be well into the crossing area, but if they are not in the corresponding lane of a vehicle, they are not detected. This can result in situations where a pedestrian is halfway across the crossing area and still not detected by both close and far vehicles, which seems unrealistic compared to real-life scenarios. In reality, most vehicles would see a pedestrian crossing the road long before they step into the vehicle lane. An example of this happening in Aimsun is shown in Figure 6 and Figure 7.

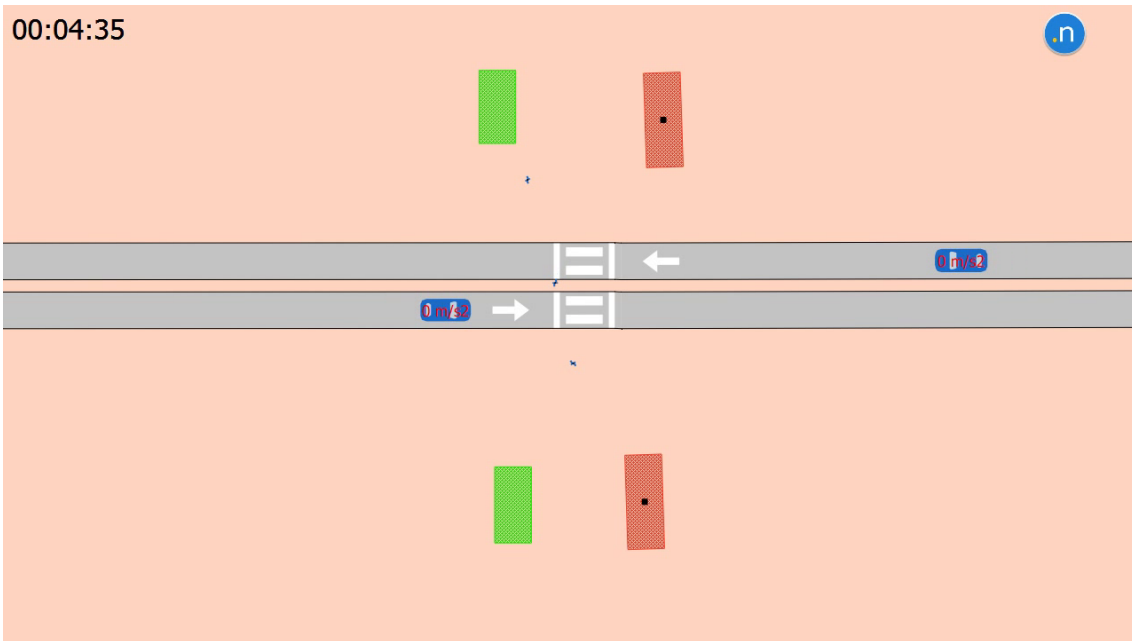


Figure 6: Pedestrian crossing from "north", before being detected by vehicle.

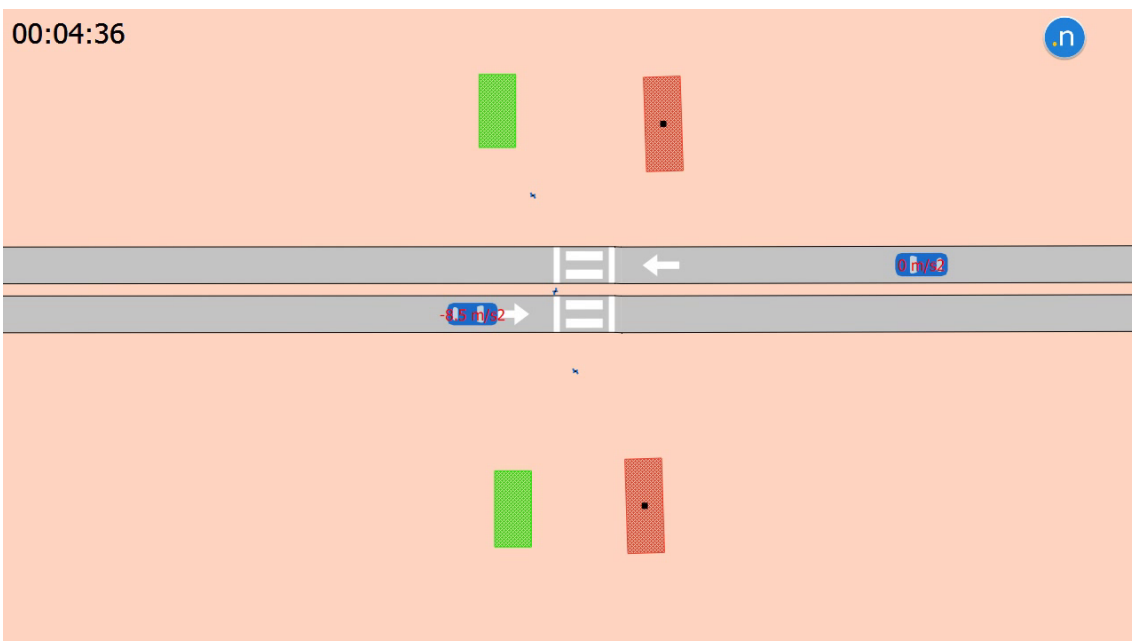


Figure 7: Pedestrian crossing from "north", after being detected by vehicle.

The final example of a possible issue with the simulator is that it generates a relatively large number of conflicts that result in or nearly result in contact between a vehicle and pedestrian. This occurs when a vehicle is too close to the crossing area when initiating braking or is already inside the area when a pedestrian steps into the road. It is difficult to depict these situations through a simple screenshot, but recordings can be shared with the readers of this note if necessary to illustrate these scenarios.

---

## Questions

From situations illustrated with the examples described in the previous section, some questions arise regarding the Pedestrian Simulator:

- Is it with intention that pedestrians should only be visible to vehicles from the time they step into the corresponding road lane? If this is the case, why so?
- Is there a way to manually adjust the visibility of pedestrians within Aimsun Next when using the Pedestrian Simulator?
- How is the interaction between vehicles and pedestrians modeled when using the Pedestrian Simulator and Pedestrian Area?
- Is anyone currently working on improving the Pedestrian Simulator with regards to pedestrian visibility? If so, what kind of measures are being considered?

If there is anything the readers of this note need or have questions about, please feel free to contact me at

[snorreffe@stud.ntnu.no](mailto:snorreffe@stud.ntnu.no)

Looking forward to hearing from you.  
Best regards,  
Snorre Felldal

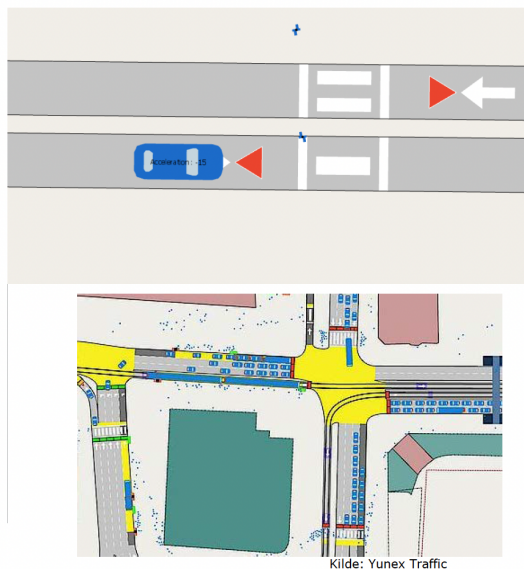
## Vedlegg E

### Diskusjonsnotat til Aimsun

#### Pedestrian area

- Fotgjengere er kun synlige inne i gangfelt
- Påvirkes ikke av innstillinger for vikeplikt, baserer seg på en sikkerhetsavstand
- Bråbrems (bilde)
- Mer detaljert simulering av gående, men dessverre er funksjonaliteten mot bil per dags dato dårlig
- Kun aktuelt i mikro
- Digresjon: Med detektorstyrte signalanlegg bør man også være klar over at det ikke er mulig å legge inn detektorer i pedestrian area. Dette betyr at fotgjengere kaller alle faser når de kommer fram til gangfeltet.

Ramboll



Figur 42: Utdrag fra presentasjon av A. Kjosavik

Kilde: (Kjosavik 2022)

