



# Modellering av forbikjøringer på tofeltsveger

**Hanne Cecilie Stene Nordal**

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: juni 2017

Hovedveileder: Arvid Aakre, IBM

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for bygg- og miljøteknikk





Oppgavens tittel: Modellering av forbikjøringer på tofeltsveger	Dato: 11.06.2017		
	Antall sider (inkl. bilag): 158		
	Masteroppgave	X	Prosjektoppgave
Navn: Hanne Cecilie Stene Nordal			
Faglærer/veileder: Arvid Aakre, Trafikkteknisk senter ved NTNU			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Terje Giæver, Statens vegvesen Trondheim			

Ekstrakt: <p>Det er utviklet en ny modell for forbikjøringer på tofeltsveger uten midtrekkverk. Denne har fått navnet FORB-modellen. Modellen beregner forbikjøringslengde, forbikjøringsrett og sannsynligheten for å gjennomføre forbikjøringen. Modellen beskriver realistiske forbikjørings situasjoner ved å ta hensyn til detaljerte kjøretøyparametere og informasjon om føreradfærd.</p> <p>Arbeidet baserer seg på studier av eksisterende modeller og praktiske forsøk i form av iscenesatte forbikjøringer og intervjuer med et utvalg sjåførere. Avslutningsvis er resultatene fra den utviklede modellen sammenlignet med SINTEF sin modell for forbikjøringer, reelle tall fra forbikjøringsforsøk og dagens krav til forbikjøringer.</p>
--

Stikkord:

1. Forbikjøringsmodell
2. Forbikjøringsforsøk
3. Intervjuer
4. Parameterstudie

Hanne Cecilie Stene Nordal

(sign.)



## Forord

Denne masteroppgaven er avslutningen på en femårig studietid ved Institutt for bygg og miljøteknikk ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU. Oppgaven er utarbeidet av Hanne Cecilie Stene Nordal i løpet av vårsemesteret 2017 og inngår i fagretningen Transport. Oppgaven skal tilsvare 30 studiepoeng.

Flere personer har vært hjelpelige underveis i arbeidet med oppgaven. Det rettes stor takk til hovedveileder Arvid Aakre ved Trafikkteknisk senter ved NTNU for god veiledning og hans hjelp under utførelsen av forbikjøringsforsøkene. Jeg vil også takke Jan Erik Molde for å ha bidratt som sjåfør i forbikjøringsforsøkene, og alle intervjuobjektene som tok seg tid til å delta i intervjurunden. Takk til Trond Foss fra SINTEF for innspill og tips om aktuell faglitteratur.

Oppgaven er skrevet i samarbeid med Statens vegvesen, og jeg ønsker å takke ekstern veileder Terje Giæver for gode innspill underveis i arbeidet med oppgaven.

Avslutningsvis ønsker jeg å takke venner og familie for god støtte og hjelp underveis i prosessen, og kontor 2-276 for gode diskusjoner, dans og oppmuntring.

Trondheim, juni 2017

*Hanne Cecilie Stene Nordal*

---

Hanne Cecilie Stene Nordal

## Sammendrag

Store variasjoner i føreratferd og kjøretøy på vegene fører til at forbikjøringer skaper bedre trafikkflyt. Dette skyldes at sjåføren får holde ønsket hastighet ved å passere bilen foran som kjører saktere enn det bakenforliggende sjåfør ønsker. Forbikjøringer er også relevant for både vegutforming og trafiksikkerhet. Gode modeller letter arbeidet med utformingen av veger og er et av mange nødvendige verktøy for å sikre et godt resultat.

Hensikten med denne oppgaven er å utvikle en ny modell for forbikjøringer på tofeltsveger uten midtrekkverk som tar hensyn til detaljerte parametere knyttet til kjøretøyegenskaper og føreratferd i beregningene av forbikjøringslengde, forbikjøringsikt og sannsynlighet for at en forbikjøring er gjennomførbar. Oppgavens omfang ble avgrenset til eksisterende modeller, praktiske forsøk for datainnsamling og utvikling av en ny modell. Psykologi i forbindelse med forbikjøringer og sammenligning med mer enn en eksisterende modell er ikke studert. Problemstillingen i denne oppgaven er som følger:

*«Utvikling av en modell for forbikjøringer»*

Det er ønskelig at den nye modellen skal ha en mest mulig korrekt beskrivelse av en forbikjøringsprosess og ta hensyn til de parametere som innvirker på resultatene i modellen.

For å svare på problemstillingen er det valgt å gjennomføre både en kvalitativ og en kvantitativ studie. Metodene som er benyttet er: en litteraturstudie, eksisterende modeller, forbikjøringsforsøk og intervjuer. I litteraturstudien er det både fokusert på datainnsamlingsmetoder og å få innsikt i oppbygging av eksisterende modeller. Eksisterende modeller har gitt innspill til utforming av en ny modell både med hensyn til beskrivelsen av forbikjøringsprosessen og formelgrunnlag. Den nye modellen har fått navnet FORB-modellen. Forbikjøringsforsøkene har vært den viktigste kilden til reelle data fra forbikjøringer og har satt ramme for resultatene i FORB-modellen. Totalt 17 forbikjøringsforsøk fordelt på tre ulike scenarier ble gjennomført på Byneset i Trondheim i Norge. Forskjellen mellom scenariene var om personbil passerte personbil, om personbil passerte lastebil eller om lastebil passerte personbil. Datainnsamlingen fra forsøkene ble utført med to personbiler og en lastebil hvor kjøretøyene ble utstyrt med GPSer og videokamera. I tillegg til forbikjøringsforsøkene ble totalt 11 personer intervjuet for å kartlegge føreratferd knyttet til forbikjøringer på tofeltsveger. Intervjuerunden har gitt innsikt i personers oppfatning av forbikjøringer og hvilke verdier de

foretrekker å ha på de ulike parameterne. Kombinasjonen av praktiske forsøk og litteraturstudie har gitt innspill til valg av løsning for parameterverdier i FORB-modellen.

For å analysere resultatene fra FORB-modellen har de blitt sammenlignet med resultatene fra SINTEF sin modell for forbikjøringer. SINTEF-modellen er utformet i samme programvare som FORB-modellen, og begge modellene beskriver en forbikjøringsprosess ved hjelp av fem forskjellige faser. Resultatene fra FORB-modellen har også blitt sammenlignet med dagens krav til forbikjøringer. Resultatene viser at det tar lengre tid å kjøre forbi enn SINTEF-modellen viser. Dette indikerer at SINTEF-modellen er noe optimistisk i forhold til reelle forbikjøringer.

## Summary

Overtaking manoeuvres lead to better traffic flow due to large variations in driver's behaviour and vehicles on the road. Overtaking manoeuvres make it possible for the drivers to keep their desired speed by passing the vehicle in front of them, which drives slower than passing driver's desired speed. Overtaking is also relevant for both road design and traffic safety. Good models simplify road design and are one of many necessary tools to ensure a good result.

The purpose of this thesis is to develop a new model for overtaking for usage on two-lane roads without a median barrier. The new model should take into account detailed parameters related to vehicle characteristics and driver's behaviour in its calculation of the overtaking length, the passing sight distance, and the likelihood that a successful overtaking is possible. The scope of this thesis was delimited to focus on existing models, field studies for data collection, and development of a new model. Psychology associated with overtaking, and comparison with more than one existing model are not studied. The problem statement in this thesis is:

*«Development of a model for overtaking»*

It is desirable that the new model should have the most accurate description of an overtaking manoeuvre, and take into account the parameters that affect the results in the model.

It is chosen to carry out both a qualitative and a quantitative study in order to respond to the problem statement. Methods used are a literature study, existing models, field studies with overtaking, and interviews. Focus areas for the literature study have concerned both data collection methods, and obtaining insight regarding existing models. Existing models have provided input to the design of a new model, both regarding the description of the overtaking manoeuvre and formula basis. The new model is named FORB-model. The overtaking field study has been the most important source of real data from overtaking manoeuvres, and has set the frame for the results of the FORB-model. 17 overtaking manoeuvres, in three different scenarios, were conducted at Byneset in Trondheim in Norway. The difference between the scenarios was whether a car passed a car, a car passed a truck, or a truck passed a car. The established data from these tests were carried out with two cars and one truck. All vehicles were equipped with GPSs and video camera. In addition to the overtaking field study, 11 people were interviewed to map the driver's behaviour related to overtaking manoeuvres on two-lane roads. The interviews have provided information regarding the interviewee's understanding of an



overtaking, and their preferred values for the different parameters. The combination of field studies and literature study provided input to parameter values and their solution in the FORB-model.

In order to analyse the results of the FORB-model, the results were compared to the results of SINTEF's model for overtaking. The SINTEF-model is designed in the same software as the new model, and both models describe an overtaking by using five different phase descriptions. In addition, the results of the FORB-model are compared to current requirements for overtaking. The results show that it takes longer time to pass a vehicle in the new model than in the SINTEF-model. This indicates that the SINTEF-model is optimistic in relation to real overtaking manoeuvres.

# Innholdsfortegnelse

Forord .....	iii
Sammendrag .....	iv
Summary .....	vi
Figurliste.....	xi
Tabelliste .....	xiv
1. Innledning.....	1
1.1. Bakgrunn .....	1
1.2. Formål og problemstilling .....	1
1.3. Avgrensning.....	3
1.4. Rapportens oppbygging .....	3
2. Definisjoner .....	5
3. Metode.....	7
3.1. Litteraturstudie.....	7
3.2. Eksisterende modeller.....	8
3.2.1. SINTEF-modellen .....	8
3.2.2. Aimsun-modellen .....	8
3.2.3. RuTSim-modellen .....	9
3.2.4. Den tyske modellen.....	10
3.2.5. NCHRP – <i>Passing Sight Distance Criteria</i> .....	10
3.3. Forbikjøringsforsøk .....	13
3.4. Intervjurunde .....	13
4. Teori .....	15
4.1. Fasene i en forbikjøring i SINTEF-modellen .....	15
4.2. Tofeltsveger .....	17
4.3. Sikt.....	18

4.4.	Forbikjøringskrav .....	20
4.5.	Vegoppmerking .....	23
4.6.	Eksisterende forbikjøringsmodeller .....	25
4.6.1.	SINTEF-modellen .....	25
4.6.2.	Aimsun-modellen .....	30
4.6.3.	Tysk modell .....	34
5.	Datainnsamling .....	36
5.1.	Forbikjøringsforsøk .....	36
5.1.1.	Hensikt .....	36
5.1.2.	Forsøksstrekning .....	36
5.1.3.	Planlegging, forsøksdesign og gjennomføring .....	39
5.1.4.	Forsøksplan .....	40
5.1.5.	Databehandling .....	44
5.1.6.	Resultater .....	46
5.1.7.	Analyse .....	52
5.1.8.	Svakheter og begrensninger .....	53
5.2.	Dybdeintervju med et utvalg sjåførere .....	55
5.2.1.	Hensikt .....	55
5.2.2.	Intervjuobjekter .....	55
5.2.3.	Utforming og gjennomføring .....	57
5.2.4.	Intervjuguide .....	58
5.2.5.	Databehandling .....	58
5.2.6.	Resultater .....	59
5.2.7.	Analyse .....	66
5.2.8.	Svakheter og begrensninger .....	67
6.	Den nye forbikjøringsmodellen .....	70
6.1.	Faste holdepunkter i utviklingsprosessen .....	70

6.2.	Utviklingen trinn for trinn .....	72
6.2.1.	Trinn 1 - Oppstart .....	73
6.2.2.	Trinn 2 – Forsøk på å løse akselerasjon- og hastighetsproblemet.....	73
6.2.3.	Trinn 3 – Nye faser for å beskrive forbikjøringsprosessen .....	74
6.2.4.	Trinn 4 – Videreutvikling av modellen med utfall 3.....	76
6.3.	Endelig utforming av FORB-modellen .....	77
6.3.1.	Svakheter og begrensninger .....	79
6.3.2.	Brukerveiledning.....	80
6.3.3.	Teoretisk bakgrunn.....	85
6.3.4.	Løsning for parametere .....	93
6.4.	Sammenligning av FORB-modellen og SINTEF-modellen.....	97
6.4.1.	Sammenligning 1.....	97
6.4.2.	Sammenligning 2.....	102
6.4.3.	Oppsummering .....	105
7.	Diskusjon.....	106
8.	Konklusjon, anbefalinger og videre arbeid .....	112
8.1.	Konklusjon.....	112
8.2.	Anbefalinger .....	113
8.3.	Videre arbeid .....	114
9.	Personlig utvikling .....	116
	Referanser.....	117
	Vedlegg .....	120

## Figurliste

Figur 1: Illustrasjon av begrepene forbikjøringsstart, forbikjøringslengde og forbikjøringslengde .....	5
Figur 2: Illustrasjon av begrepene sikkerhetsstrekning og forbikjøringsikt, hentet fra s. 23, fig. 3 i SINTEF rapport (Foss og Kummeneje, 2015).....	6
Figur 3: Illustrasjon av kritisk punkt i forbikjøringen. Basert på figur 23, s. 59 i NCHRP (Harwood, et al., 2008).....	6
Figur 4: Illustrasjon av fasene i AASTHO Green Book. Illustrasjon fra NCHRP rapport, figur 1, s. 6 (Harwood, et al., 2008).....	11
Figur 5: Illustrasjon av de fem fasene i SINTEF-modellen. Hentet fra SINTEF rapport, figur 36, s. 83 (Børnes, Sakshaug og Aakre, 2004) .....	16
Figur 6: Illustrasjonsbeskrivelse tilhørende Figur 5. Hentet fra SINTEF rapport, tabell 25, s. 83 (Børnes, Sakshaug og Aakre, 2004).....	17
Figur 7: Krav til bredde på vegen for å få oppmerket midtlinje. Hentet fra HB N302, figur 5.1 (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2014c).....	17
Figur 8: Illustrasjon av siktkontroll. Hentet fra HB V120, s.49, figur 5.2 (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2014b) .....	19
Figur 9: Illustrasjon av kjøretøyene i forskjellige posisjoner i forbikjøringen .....	20
Figur 10: Krav til antall forbikjøringsmuligheter på nasjonale hovedveger med fartsgrense 80 og 90 km/t, fra HB N100, s. 133, tabell E.11 (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2014a). 21	
Figur 11: Krav til antall forbikjøringsmuligheter på øvrige hovedveger med fartsgrense 80 km/t, fra HB N100, s. 133, tabell E.12 (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2014a).....	21
Figur 12: Møtesiktlengder fra HB V120, s. 51, figur 5.5 (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2014b).....	23
Figur 13: Typene vegoppmerking. Hentet fra HB N302, s. 22, utklipp fra tabell 3.1 (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2014c).....	24
Figur 14: Parameterne som inngår i SINTEF-modellen. Tabell 29, s. 85 i SINTEF rapport (Børnes, Sakshaug og Aakre, 2004).....	27
Figur 15: Formeloversikt til beregningene i SINTEF-modellen. Tabell 30, s. 86 i SINTEF rapport (Børnes, Sakshaug og Aakre, 2004) .....	28
Figur 16: Parameterbeskrivelse. Tabell 32, s. 87 i SINTEF rapport (Børnes, Sakshaug og Aakre, 2004).....	29

Figur 17: Definisjon av Zone 1 fra Aimsun sin brukerhåndbok (TSS-Transport Simulation Systems, 2014-2017).....	30
Figur 18: Illustrasjon av sammenhengen mellom ønsket om å kjøre forbi og posisjon, forsinkelse, hastighetsforskjell og tid igjen. Hentet fra “Development of a new microscopic passing maneuver model for two-lane rural roads” s.162, fig.2 (Llorca, et al., 2015).....	32
Figur 19: Forbikjøringsmodellens flytskjema. Hentet fra “Development of a new microscopic passing maneuver model for two-lane rural roads” s. 164, fig.3 (Llorca, et al., 2015).....	33
Figur 20: Oversiktsbilde av forsøksstrekningens beliggenhet i forhold til Trondheim sentrum (Google Maps).....	38
Figur 21: Detaljert oversiktsbilde av forsøksstrekningen med snuplasser (Google Maps).....	39
Figur 22: Oppsett av GPS.....	41
Figur 23: Oppsett av videokamera og GPS .....	41
Figur 24: Akselerasjonsutviklingen i forsøk 3 .....	47
Figur 25: Hastighetsutviklingen i forsøk 3 .....	47
Figur 26: Akselerasjonsutviklingen i forsøk 6 .....	48
Figur 27: Hastighetsutviklingen i forsøk 6.....	48
Figur 28: Akselerasjonsutviklingen i forsøk 10 .....	49
Figur 29: Hastighetsutviklingen i forsøk 10 .....	50
Figur 30: Akselerasjonsutviklingen i forsøk 16 .....	51
Figur 31: Hastighetsutviklingen i forsøk 16.....	51
Figur 32: Kjønnfordelingen på intervjurunden.....	56
Figur 33: Aldersfordelingen på intervjurunden.....	57
Figur 34: Antall kilometer intervjuobjektene tilbakelegger i året.....	59
Figur 35: Hvor god sikt hvert intervjuobjekt ønsker i forkant av forbikjøring.....	60
Figur 36: Ved hvilken hastighetsforskjell intervjuobjektet velger å kjøre forbi .....	61
Figur 37: Antall intervjuobjekter som ikke er fremmed for å bryte fartsgrensen under forbikjøring.....	61
Figur 38: Hvor stor hastighetsforskjell intervjuobjektene har underveis i forbikjøringen.....	62
Figur 39: Antall intervjuobjekter som ville kjørt forbi i situasjon 1 .....	63
Figur 40: Antall intervjuobjekter som ville kjørt forbi i situasjon 2 .....	63
Figur 41: Tidsluke front-bakende før forbikjøring hos intervjuobjektene .....	65
Figur 42: Ønsket sikkerhetstid hos intervjuobjektene.....	66
Figur 43: Utvikling av luftmotstand.....	72
Figur 44: Utforming av begrenset akselerasjon eller hastighet i modellen.....	74

Figur 45: Tre mulige utfall av fase 2.....	75
Figur 46: Utklipp fra den nye forbikjøringsmodellen, tom fase 1.....	77
Figur 47: Mulige akselerasjonsutviklinger i modellen frem til konstant hastighet.....	80
Figur 48: Kjøretøysparametere, utklipp fra FORB-modellen .....	82
Figur 49: Ekstra steg i utregningen av avgjørelsestid, retardasjon og tidsluker. Utklipp fra FORB-modellen .....	83
Figur 50:Grunnlagsdata, utklipp fra FORB-modellen .....	83
Figur 51: Fase 2 i FORB-modellen.....	84
Figur 52: Outputdataen i FORB-modellen.....	84
Figur 53: Motstand, utklipp fra FORB-modellen.....	88
Figur 54: Fase 1, utklipp fra FORB-modellen .....	90
Figur 55: Fase 2, utklipp fra FORB-modellen .....	90
Figur 56: Fase 3, utklipp fra FORB-modellen .....	91
Figur 57: Fase 4, utklipp fra FORB-modellen .....	92
Figur 58: Fase 5, utklipp fra FORB-modellen .....	92

## Tabelliste

Tabell 1: Krav til stoppsikt avhengig av fartsgrense.....	22
Tabell 2: Minimum sikt for oppmerking av kjørefeltlinje (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2014c).....	25
Tabell 3: Informasjon om forsøksstrekningen (Statens vegvesen) .....	38
Tabell 4: Tre forskjellige scenarier i forbikjøringsforsøkene.....	40
Tabell 5: Fordeling av utstyr mellom kjøretøyene .....	42
Tabell 6: Kjøretøyenes egenskaper (Statens vegvesen) .....	42
Tabell 7: Forsøksplan .....	43
Tabell 8: Kriteria som brukes i sammenligningen av data.....	45
Tabell 9: Forsøksinformasjon om forsøk 3 .....	47
Tabell 10: Forsøksinformasjon om forsøk 6 .....	48
Tabell 11: Forsøksinformasjon om forsøk 10 .....	49
Tabell 12: Forsøksinformasjon om forsøk 16 .....	50
Tabell 13: Informasjon om intervjuobjektene.....	56
Tabell 14: Parametere som må vurderes individuelt.....	64
Tabell 15: Omregnede verdier for parameterne i tabell 14 .....	65
Tabell 16: Inputparameterne i FORB-modellen for forbikjøringer .....	71
Tabell 17: Parametere for beregning av motstand i FORB-modellen (Robert Bosch Gmb, 2007) side 430-431 .....	88
Tabell 18: Forutsetninger brukt i sammenligning 1 av modellene.....	98
Tabell 19: Sammenligning 1 av resultatene i fase 1.....	99
Tabell 20: Sammenligning 1 av resultatene i fase 2.....	99
Tabell 21: Sammenligning 1 av resultatene i fase 3.....	100
Tabell 22: Sammenligning 1 av resultatene i fase 4.....	101
Tabell 23: Sammenligning 1 av resultatene i fase 5.....	101
Tabell 24: Resultater fra sammenligning 1 av de to modellene.....	101
Tabell 25: Forutsetninger brukt i sammenligning 2 av modellene.....	102
Tabell 26: Sammenligning 2 av resultatene i fase 1.....	103
Tabell 27: Sammenligning 2 av resultatene i fase 2.....	103
Tabell 28: Sammenligning 2 av resultatene i fase 3.....	103
Tabell 29: Sammenligning 2 av resultatene i fase 4.....	103
Tabell 30: Sammenligning 2 av resultatene i fase 5.....	103



Tabell 31: Resultater fra sammenligning 2 av de to modellene .....	104
--	-----

# 1. Innledning

Innledningen introduserer temaet for oppgaven ved å presentere bakgrunnen og formålet med oppgaven. Det blir også beskrevet hvordan oppgaven kan komme til nytte. Avslutningsvis presenteres avgrensninger i forhold til problemstillingen, oppgavens oppbygging og en oversikt over vedlagte dokumenter.

## 1.1. Bakgrunn

Det finnes allerede flere eksisterende og mye brukte forbikjøringsmodeller som beskriver en forbikjøringsprosess. Denne oppgaven kan derfor ses på som et supplement til allerede etablerte modeller.

Det er imidlertid et ønske i bransjen om en beregningsmodell for forbikjøringer som i stor grad tar hensyn til ulik føreratferd og forskjellige kjøretøyegenskaper ved beregning av forbikjøringslengde og forbikjøringsstid. Beregningsmodellen som benyttes i forbindelse med vegutforming og vegoppmerking i dag, er en forbikjøringsmodell utviklet av SINTEF i 2004 (SINTEF-modellen). SINTEF-modellen tar utgangspunkt i en bestemt føreratferd og en bestemt kjøretøyegenskap.

Det er hensiktsmessig å implementere både ulik føreratferd og forskjellige kjøretøyegenskaper i en forbikjøringsmodell. Parametere knyttet til føreratferd og kjøretøy påvirker resultatet for modelleringen, og det vil være hensiktsmessig å ha mulighet til å vurdere hvilke parametere som har størst innvirkning på resultatene.

God dokumentasjon og brukerveiledning følger modellen i denne oppgaven og gjør den egnet til ulike dimensjoneringsoppgaver.

## 1.2. Formål og problemstilling

Problemstillingen i oppgaven er begrenset til forbikjøringer på tofeltsveger uten midtrekkverk og lyder som følger: «**Utvikling av en modell for forbikjøringer**». Målet med oppgaven er å utvikle en ny modell for forbikjøringer som skal kunne håndtere flere inputparametere enn allerede etablerte modeller. Den nye modellen har fått navnet FORB-modellen. Muligheten til å variere input-parametere og utføre sensitivitetsanalyse av parameterne gjør at FORB-modellen får et utvidet bruksområde. De fysiske lovene er derimot faste.

Problemstillingen er relativt vid og omfattende. Den er besvart ved hjelp av tre forskningsspørsmål:

1. Hva er den mest korrekte beskrivelsen av en forbikjøringsprosess?
2. Hvordan kan man implementere føreratferd og kjøretøysparametere i en forbikjøringsmodell?
3. Ved endring av parametere, hvilke parametere påvirker resultatet i stor grad og hvilke har mindre betydning?

Forskningsspørsmålene er stilt for å ha konkrete fokusområder i oppbyggingen av FORB-modellen.

Forbikjøringer er en svært viktig del av trafikkavviklingen på vegene våre, og da er det viktig å forstå hvordan de ulike variable faktorene i en forbikjøringsmodell påvirker trafikkbildet. Forbikjøringer bidrar til å skape bedre trafikkflyt og sørger for at sjåførene i aktive kjøretøy får holde ønsket hastighet. Sjåførene i passive kjøretøy får på samme måte anledning til å holde sin ønskede hastighet. Det kan være mange årsaker til at et kjøretøy ikke holder forventet hastighet. Det kan for eksempel skyldes for dårlig kjøretøy eller at sjåføren føler seg utrygg i høy hastighet. Uavhengig av årsak, er trygge forbikjøringer en viktig del av trafikkbildet. En optimal trafikkavvikling oppnås når ulike typer kjøretøy og sjåfører fungerer godt sammen på vegnettet.

Eksempler på etablerte modeller som brukes til å vurdere trafikkavviklingen, og beregne forbikjøringsikt og forbikjøringslengde er:

- SINTEF sin forbikjøringsmodell
- Aimsun sin forbikjøringsmodell
- RuTSim
- Tysk modell for forbikjøringer

Hvilken rolle de fire modellene har i oppgaven er beskrevet i kapittel 3.2 Eksisterende modeller.

Eksisterende modeller har gitt inspirasjon til utviklingen av FORB-modellen der målet har vært å ta i bruk noen nye parametere (bla. innen kjøretøysparametere og føreratferd) som gjør at modellen kan brukes som et alternativ og/eller et supplement til eksisterende modeller. Det har vært viktig å få innsikt i flest mulig eksisterende modeller for å få oversikt over forskjeller, styrker og svakheter. Dette har gitt et godt sammenligningsgrunnlag for FORB-modellen.

Modellering av forbikjøringer er relevant også for vegoppmerking. Vegoppmerking er et viktig bidrag og et hjelpemiddel for trafikanter til å oppnå økt trafikksikkerhet. Oppmerkingen skal vise og gi råd til sjåførene om hvilke manøvreringer som er gjennomførbare. Målet med vegoppmerkingen er at mange unødvendige og farlige situasjoner i trafikken skal unngås. Regelverket for vegoppmerking av midtlinje er beskrevet senere i oppgaven, da vegoppmerking opplyser om forbikjøringsmuligheter og således er relevant for denne oppgaven.

### 1.3. Avgrensning

På det nyere vegnettet bygges det mange tofeltsveger med midtrekkverk som et trafikksikkerhetstiltak. På disse vegene skal ikke forbikjøring være mulig og på slike veger vil ikke denne oppgaven være relevant. Da antall vegstrekninger i Norge i stor grad fortsatt består av midtlinje og ikke midtrekkverk, bør en nyutviklet modell ha nytteverdi.

Å utvikle en modell er en tidkrevende oppgave som det gjerne kunne vært jobbet med i flere år. Ettersom oppgaven måtte tilpasses en tidsramme på 21 uker, er omfanget av forskningsdelen/datainnsamlingen tilpasset tidsrammen. I tillegg til tidsramme relatert til kompleksitet, var det ikke mulig å gjennomføre datainnsamling alene. Det betyr at det ble nødvendig å bruke av andres tid, noe som påvirker hvor mye tid som kan brukes på datainnsamling.

Det er mye psykologi knyttet til forbikjøringer, spesielt i sammenheng med føreratferd, men dette har ikke denne oppgaven gått noe nærmere inn på.

For å kvalitetssikre FORB-modellen er det av interesse å sammenligne resultatene med eksisterende forbikjøringsmodeller. Å studere eksisterende modeller er omfattende, og igjen må oppgaven avgrenses for at den skal kunne fullføres innenfor tidsrammen. Av den grunn ble sammenligningen med FORB-modellen avgrenset til å gjelde kun SINTEF-modellen.

### 1.4. Rapportens oppbygging

Oppgavens oppbygging er strukturert i henhold til råd og retningslinjer i bøkene *Praktisk rapportskrivning* og *Masteroppgaven- hvordan begynne- og fullføre* (Olsson, 2015; Everett og Furseth, 2012).

I kapittel 2 presenteres definisjoner og begrepsavklaringer. Kapittel 3 presenterer metodene som er benyttet. En litteraturstudie, eksisterende forbikjøringsmodeller, forbikjøringsforsøk og intervjuer er gjort for å besvare problemstillingen. Kapittel 4, Teoretisk bakgrunn, gir

innblikk i relevant informasjon knyttet til forbikjøringer. Dette kapitlet inneholder blant annet krav knyttet til forbikjøringer og detaljert informasjon om eksisterende modeller. I kapittel 5 beskrives metodene forbikjøringsforsøk og intervjurunde i detalj. Hensikt, planlegging, gjennomføring og resultater, er eksempler på hva som presenteres i kapittel 5. Utviklingen av FORB-modellen er detaljert beskrevet i kapittel 6 sammen med en brukerveiledning, teoretisk bakgrunn og en sammenligning av FORB-modellen med SINTEF sin modell. Diskusjonen er å finne i kapittel 7. Konklusjonen på masteroppgaven, anbefalinger og videre arbeid kommer i kapittel 8. Avslutningsvis kommer det et kapittel 9 som beskriver personlig utvikling underveis i prosessen med masteroppgaven. Dette kapitlet inneholder ikke faglig innhold.

Vedlegg tilhørende denne oppgaven er:

Vedlegg i oppgaven:

1. Oppgavetekst
2. Intervjuguide
3. Sammendrag fra intervjurunden

Digitale vedlegg:

4. FORB-modellen
5. Analyse av rådata fra datainnsamling
6. Resultater fra forbikjøringsforsøk

## 2. Definisjoner

For å unngå misforståelser, er det valgt å ha med dette kapittelet som beskriver oppgavens tolkning av ulike begreper brukt i oppgaven.

**SINTEF sin forbikjøringsmodell:** I oppgaven omtales denne under navnet SINTEF-modellen.

**Aimsun sin forbikjøringsmodell:** I oppgaven omtales denne under navnet Aimsun-modellen.

**FORB-modellen:** Den nye forbikjøringsmodellen som er utviklet i denne oppgaven.

**ÅDT, Årsdøgntrafikk:** Gjennomsnittlig antall biler på vegen per dag i løpet av et kalenderår.

**Aktivt kjøretøy:** Kjøretøyet som foretar forbikjøringen.

**Passivt kjøretøy:** Kjøretøyet som blir forbikjørt.

**Møtende kjøretøy:** Kjøretøyet som kjører i den andre metreringsretningen og som kommer imot det aktive kjøretøyet.

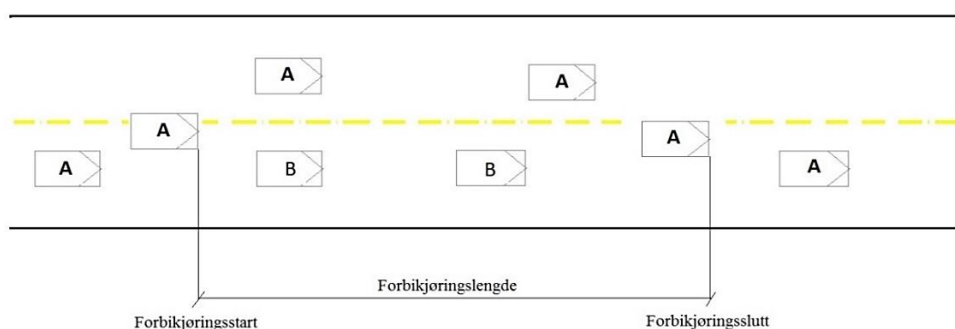
**Flyvende forbikjøring:** En forbikjøring hvor det aktive kjøretøyet tar igjen det passive kjøretøyet for så å starte forbikjøringen med en gang. I dette tilfellet er det ikke nødvendig å akselerere opp i hastighet i forkant av forbikjøringen.

**Forsinket forbikjøring:** En forbikjøring hvor det aktive kjøretøyet har kjørt bak det passive kjøretøyet og blir nødt til å akselerere og kjøre forbi.

**Forbikjøringsstart:** Forbikjøringen starter når det aktive kjøretøyet sitt venstre framhjul ligger på den gule midtlinjen. Begrepet er illustrert i Figur 1.

**Forbikjøringslutt:** Forbikjøringen slutter når det aktive kjøretøyet sitt venstre bakhjul ligger på den gule midtlinjen og kjøretøyet er tilbake i sitt opprinnelige kjørefelt. Begrepet er illustrert i Figur 1.

**Forbikjøringslengde/forbikjøringsstrekning:** Forbikjøringslengde er avstanden kjøretøyet tilbakelegger fra det venstre framhjulet har passert midtlinjen til det venstre bakhjulet er tilbake over midtlinjen. Lengden måles fra front av kjøretøyet ved start og frem til front av kjøretøyet ved slutt. Begrepet er illustrert i Figur 1.



Figur 1: Illustrasjon av begrepene forbikjøringsstart, forbikjøringslutt og forbikjøringslengde

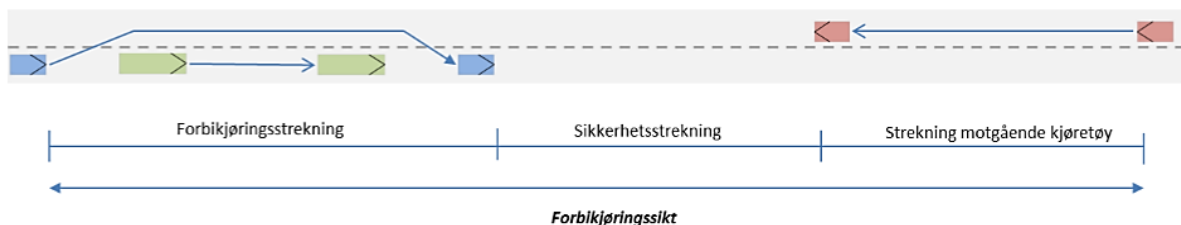
**Forbikjøringssikt:** Minste siktlengde en sjåfør må ha fremover mot motgående trafikk i det øyeblikket han ønsker å begynne en forsvarlig og trygg forbikjøring (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2014a). Forbikjøringssikt er definert som summen av forbikjøringslengde, sikkerhetsstrekning og strekningen det møtende kjøretøyet tilbakelegger.

**Inputdata:** Parametere som benyttes til å utføre beregningene i forbikjøringsmodellen.

**Outputdata:** Parameterne forbikjøringsmodellen gir ut som resultat.

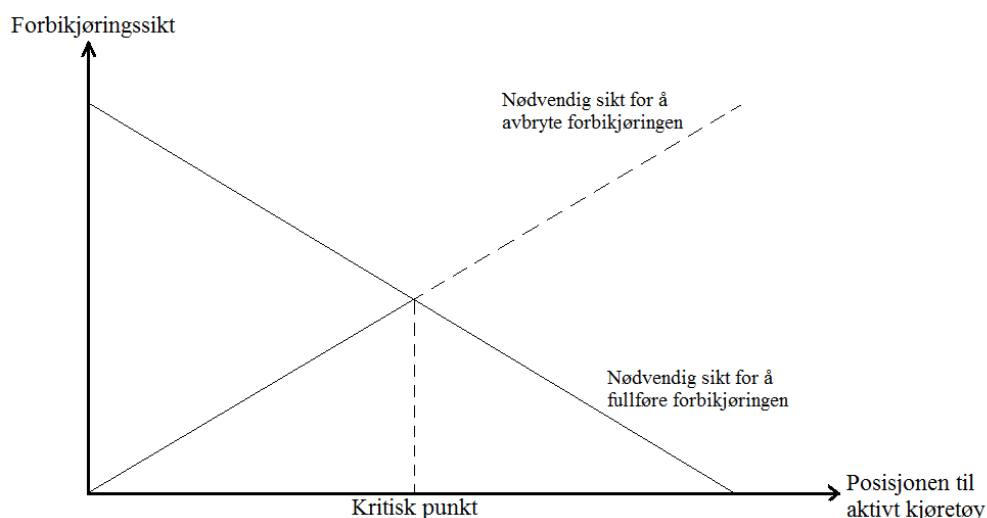
**Sikkerhetstid:** Uttrykket beskriver tiden det tar fra det aktive kjøretøyet er tilbake i egen kjørebane til det møter motgående kjøretøy. Sikkerhetstiden er definert som tiden det tar før det aktive kjøretøyet og møtende kjøretøy møtes og ikke hvor stor avstand det er frem til møtende kjøretøy.

**Sikkerhetsstrekning:** Uttrykket beskriver strekningen som den dobbelte sikkerhetstiden tilsvarer. Begrepet er illustrert i Figur 2.



Figur 2: Illustrasjon av begrepene sikkerhetsstrekning og forbikjøringssikt, hentet fra s. 23, fig. 3 i SINTEF rapport (Foss og Kummeneje, 2015)

**Kritisk punkt i forbikjøringen:** Punktet under forbikjøringen der det tar like lang tid å avbryte forbikjøringen som å fullføre den. I denne oppgaven er punktet når det aktive kjøretøyet er side om side med det passive kjøretøyet. Begrepet er illustrert i Figur 3.



Figur 3: Illustrasjon av kritisk punkt i forbikjøringen. Basert på figur 23, s. 59 i NCHRP (Harwood, et al., 2008)

### 3. Metode

I arbeidet med å utvikle FORB-modellen er flere forskjellige metoder benyttet. Metodene som er benyttet i oppgaven, har bidratt til å finne nødvendig data til utviklingen. Det har vært nødvendig å ta i bruk både kvantitativ og kvalitativ datainnsamling fordi FORB-modellen skal ta hensyn til både føreratferd og kjøretøyegenskaper.

Eksisterende litteratur, eksisterende forbikjøringsmodeller, forbikjøringsforsøk og intervjurunder er benyttede metoder. Forbikjøringsforsøk er et eksempel på kvantitativ metode og intervjurunde er et eksempel på kvalitativ metode. Anvendte metoder presenteres i dette kapittelet.

#### 3.1. Litteraturstudie

I forkant av masteroppgaven ble det skrevet en forstudie til oppgaven. I forstudien ble det utført en litteraturstudie for å få oversikt over- og innblikk i eksisterende litteratur om forbikjøringer. En viktig del av forstudien var å gjennomføre pilotforsøk. Eksisterende litteratur som beskriver forskjellige typer forsøksdesign, var inspirasjonskilde til hva slags forsøksdesign pilotforsøket fikk. I pilotforsøket ble det samlet inn data fra forbikjøringer ved hjelp av video og GPS. Pilotforsøket skulle bekrefte eller avkrefte om metoden for datainnsamling var tilstrekkelig, og om samme metode kunne benyttes i masteroppgaven. I tillegg til å studere ulike forsøksdesign ga litteraturstudien innblikk i eksisterende forbikjøringsmodeller. Litteraturstudien er videreført til masteroppgaven.

I tillegg til den påbegynte litteraturstudien ble det søkt etter litteratur parallelt med masterskrivingen. Det ble fokusert på å finne troverdige og gode kilder. Ved å sette opp vurderingskriterier for litteraturen, kan man vurdere om kilden er verdt å se nærmere på ut ifra hvor mange kriterier kilden møter (Sandvik, 2016). I litteraturstudien var det viktig at kilden er troverdig, objektiv, nøyaktig og relevant. (Tangen, 2010). Kilder som oppfyller disse kravene, ble brukt i oppgaven.

Litteraturstudiens søkeresultater ga blant annet innblikk i eksisterende modeller, både med hensyn til hvordan de er bygget opp og hva slags matematisk grunnlag de har. Denne informasjonen var viktig inspirasjon i utviklingen av FORB-modellen. I tillegg ga litteratursøket innblikk i ulike krav knyttet til forbikjøringer. Det var viktig å sammenligne resultatene fra FORB-modellen med disse kravene.



Både rapporter, artikler og brukermanualer som beskriver forbikjøringsmodeller, og Statens vegvesen sine håndbøker, utpekte seg som viktig litteratur og nyttig inspirasjon i denne oppgaven. Søkemotorene Oria, Web of science, Scopus og Google scholar ble hovedsakelig brukt for å søke etter relevante kilder. Søkemotorene ga god respons på søkeord.

### 3.2. Eksisterende modeller

Det finnes flere modeller som beskriver en forbikjøringsprosess, og som denne oppgaven kunne ha sett nærmere på. Det ble gjort en utvelgelse blant de eksisterende modellene basert på litteraturstudien. De eksisterende modellene som ble studert i denne oppgaven, er SINTEF-modellen, Aimsun-modellen, RuTSim-modellen og en tysk modell for forbikjøringer. I tillegg er NCHRP sin rapport (Harwood, *et al.*, 2008) om krav til forbikjøringsikt studert fordi rapporten vurderer 12 forskjellige modeller for forbikjøringsikt. Rollen disse modellene har i denne masteroppgaven er som følger:

#### 3.2.1. SINTEF-modellen

SINTEF-modellen (Børnes, Sakshaug og Aakre, 2004) har en viktig rolle i masteroppgaven, og en detaljert beskrivelse av modellen er gitt i kapittel 4.6.1 SINTEF-modellen. SINTEF-modellen er utviklet i samme programvare som FORB-modellen, og det matematiske grunnlaget blir brukt som utgangspunkt i utviklingsprosessen av FORB-modellen. Noen av SINTEF-modellens begrepsdefinisjoner blir også brukt i FORB-modellen. I tillegg til gode definisjoner utviklet Børnes, Sakshaug og Aakre (2004) et formelverk for å finne sannsynligheten for å gjennomføre forbikjøringen basert på sammenhengen mellom timetrafikk i motgående trafikk og ÅDT. Sannsynlighetsdelen av modellen er benyttet i FORB-modellen uten endringer. I tillegg til å gi inspirasjon til utvikling av FORB-modellen er SINTEF-modellen brukt til å sammenligne modellresultater. Resultatene fra FORB-modellen blir sammenlignet med resultatene fra SINTEF-modellen, og dette har gitt grunnlag for nyttige diskusjoner. Den største forskjellen mellom SINTEF-modellen og FORB-modellen, er at SINTEF-modellen tar utgangspunkt i kun en bestemt føreratferd og en kjøretøyegenskap. Sammenligningen og resultatene fra denne er presentert i kapittel 6.4 Sammenligning av FORB-modellen og SINTEF-modellen.

#### 3.2.2. Aimsun-modellen

Aimsun modellerer trafikk og har en forbikjøringsmodell tilgjengelig i programmet. En detaljert beskrivelse av denne modellen er gitt i kapittel 4.6.2 Aimsun. Mikroskopisk simulering

gjør det mulig å studere forbikjøringer på samme måte som i FORB-modellen. Dette gjør det mulig å sammenligne resultater fra de to forskjellige modellene.

Denne masteroppgaven har studert hvordan forbikjøringsmodellen til Aimsun er bygget opp, men den har ikke gjennomført noen analyse i Aimsun. Det betyr ikke at modellering i Aimsun ikke ville vært relevant for oppgaven, og dette blir kommentert i kapittel 8.3 Videre arbeid.

### 3.2.3. RuTSim-modellen

RuTSim-modellen er ikke studert i detalj da det ikke ble tid og anledning til dette. Modellen er ikke benyttet direkte i denne oppgaven, verken som inspirasjonskilde eller til sammenligning.

Kort fortalt er RuTSim i hovedsak basert på den tidligere modellen VTISim (Tapani, 2005a). VTISim er en mikroskopisk simuleringsmodell for landlig veitrafikk. Modellen bruker en hendelsesbasert simuleringstilnærming som betyr at den ikke gjør målinger hvert sekund, men heller ser på en hendelse som skjer.

På samme måte som Aimsun består RuTSim av flere separate modeller (Tapani, 2005b). Det er forbikjøringsmodellen som ville vært aktuell å se nærmere på i forbindelse med denne oppgaven. Forbikjøringsmodellen har tre forskjellige fokus (Tapani, 2005b). Av disse tre ville nr. 1 (to-felts seksjoner med motgående trafikk) vært av interesse.

RuTSim inkluderer to typer forbikjøringer i modellen (Tapani, 2005b). Den ene typen er flyvende forbikjøringer, og den andre er forsinket forbikjøring. Om det aktive kjøretøyet får mulighet til å foreta en flyvende forbikjøring eller om det blir en forsinket forbikjøring, avhenger av når det aktive kjøretøyet tar igjen det passive, og om muligheten for å foreta en forbikjøring byr seg i øyeblikket. Hvis det ikke gjør det, må det aktive kjøretøyet vente på neste mulighet, og forbikjøringen foretas som en akselerert forbikjøring.

Hvis modellen godtar forbikjøringen, legger det aktive kjøretøyet seg ut i motgående felt og hastigheten øker. Det passive kjøretøyet beholder samme konstante hastighet. Aktivt kjøretøy, legger seg tilbake i opprinnelig kjørefelt når avstanden til det passive kjøretøyet er tilstrekkelig lang. Dette kontrolleres av en kalibreringsparameter.

Forbikjøringer avbrytes hvis det aktive kjøretøyet ikke klarer å opprettholde høy nok hastighet til å passere. Dette kan skje for eksempel i bratte bakker.

RuTSim-modellen er interessant å studere videre i detalj, og det kunne vært interessant for denne oppgaven å se nærmere på modellering i RuTSim. En kommentar om dette er gitt i kapittel 8.3 Videre arbeid.

#### 3.2.4. Den tyske modellen

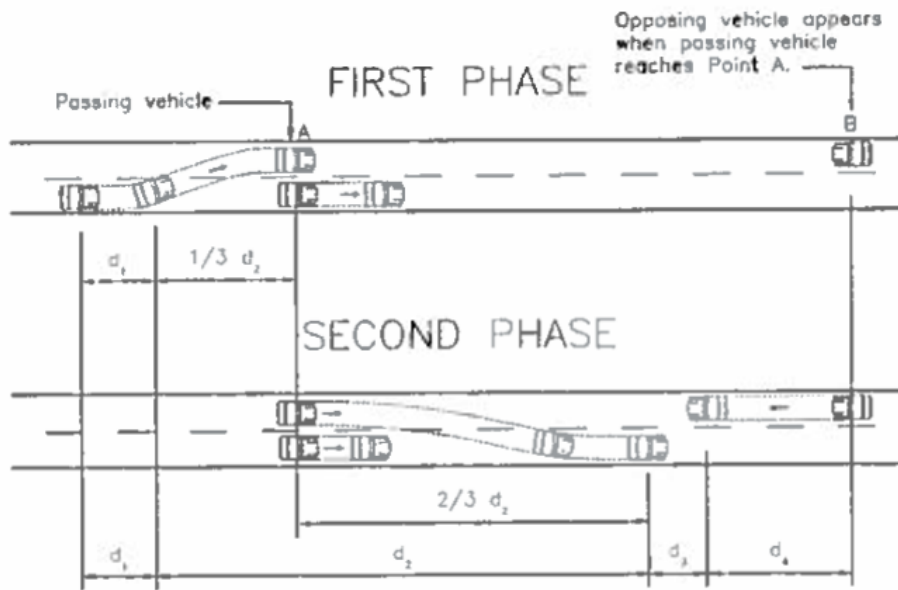
Den tyske modellen blir ikke studert i detalj i denne oppgaven, men måten datainnsamlingen i forbindelse med utviklingen av den tyske modellen ble gjennomført på er presentert i kapittel 4.6.3 Tysk modell . Hvordan Foss og Kummeneje (2015) har vurdert denne modellen i forhold til andre modeller, er også presentert der.

#### 3.2.5. NCHRP – *Passing Sight Distance Criteria*

*National Cooperative Highway Research Program* har utarbeidet en rapport (Harwood, *et al.*, 2008). Denne presenterer anbefalinger om tilstrekkeligheten til gjeldene prosedyrer og retningslinjer som brukes til å anslå minimumskrav til forbikjøringssikt og vegoppmerking. Rapporten inneholder en analyse av 12 eksisterende modeller som beregner forbikjøringssikt, og forbikjøringsforsøk som har vært relevant for denne oppgaven. Anbefalinger i rapporten ble hensyntatt i den nye forbikjøringsmodellen, spesielt har rapporten gitt innspill til hvilke parametere som burde benyttes i FORB-modellen og hvilke verdier parameterne burde ha. Teorien knyttet til denne rapporten er tatt opp igjen i kapittel 4.6.3 Tysk modell .

Til å begynne med presenterer NCHRP rapporten *AASHTO Green Book* kriteria for forbikjøringssikt. *AASHTO Green Book* kriteria for forbikjøringssikt beskriver minimum forbikjøringssikt som summen av tilbakelagt avstand i 4 faser. Fasene er illustrert i Figur 4 og er beskrevet som følger:

1. Tilbakelagt strekning tilsvarende summen av tiden for oppfattelse, reaksjon og akselerasjon frem til man krysser over i venstre kjørefelt.
2. Strekning tilbakelagt mens aktivt kjøretøy okkuperer venstre kjørefelt.
3. Avstanden mellom aktivt kjøretøy og møtende kjøretøy når forbikjøringen avsluttes (sikkerhetsavstand).
4. Strekningen tilbakelagt av møtende kjøretøy tilsvarende  $\frac{2}{3}$  av tiden det aktive kjøretøyet okkuperer venstre kjørefelt.



Figur 4: Illustrasjon av fasene i AASTHO Green Book. Illustrasjon fra NCHRP rapport, figur 1, s. 6 (Harwood, et al., 2008)

I denne beskrivelsen forutsettes det blant annet:

- Passivt kjøretøy holder jevn hastighet
- Forsinket forbikjøring
- Aktivt kjøretøy akselererer og gjennomsnittlig hastighet i forbikjøringen er 16 km/t høyere enn passivt kjøretøy sin hastighet (10 mph, så trolig derfor verdien er 16 og ikke noe mer avrundet)

Nåværende AASHTO kriteria er basert på at hastighetsforskjellen under forbikjøringen er 16 km/t, men basert på resultater fra forbikjøringsforsøkene i rapporten foreslår den at verdien endres til 19 km/t. Forbikjøringsforsøkene viste også at tilbakelagt tid i motgående kjørefelt var 10 sekunder når de observerte faktiske forbikjøringer, og 9,8 sekunder når de observerte iscenesatte forbikjøringer.

Videre går rapporten igjennom 12 alternative modeller som beskriver forbikjøringsstid. Rapporten konkluderer med at Glennon (1988) sin modell og Hassan, Easa og El Halim (1996) sin fornyede modell er de to modellene som anbefales til å beskrive en forbikjøringsprosess. Dette med bakgrunn i at begge modellene mener at sjåføren i det aktive kjøretøyet enkelt og trygt kan angre forbikjøringen, og at det finnes en kritisk posisjon underveis i forbikjøringen hvor man har kommet så langt at det ikke er mulig å avbryte. Glennon (1988) modellerte det kritiske punktet til å være lokaliseringen når siktavstanden til å fullføre eller avbryte forbikjøringen er lik. Hassan, Easa og El Halim (1996) mener at det kritiske punktet bør være

enten der støtfangerne i front er side om side, eller posisjonen hvor siktavstanden til å fullføre eller avbryte forbikjøringen er lik. Det kritiske punktet avhenger av hvilken situasjon som oppstår først.

Begge modellene anbefaler at forventningen om konstant hastighetsforskjell mellom de involverte kjøretøyene underveis i forbikjøringen, uavhengig av hastighet, erstattes med en forventning om at hastighetsforskjellen minker når hastigheten øker.

Parameterne som Glennon (1988) bruker er 1 sekund som reaksjonstid og  $2,4 \text{ m/s}^2$  som retardasjon ved avbrutt forbikjøring. Hassan, Easa og El Halim (1996) har samme verdi for retardasjon til aktivt kjøretøy hvis forbikjøringen avbrytes, og tar høyde for at passivt kjøretøy og møtende kjøretøy holder konstant hastighet under forbikjøringen. Videre bruker modellen 1 sekund som tidsluke mellom kjøretøyene både før og etter forbikjøringen. Dette gjelder også hvis forbikjøringen avbrytes.

Basert på vurderingen av de ulike modellene har Harwood, *et al.* (2008) kommet frem til hva som er de viktigste parameterne å vurdere i en forbikjøringsmodell. Følgende parametere er vurdert som viktige:

- Hastighet til aktivt og passivt kjøretøy og hastighetsforskjell
- Fartsgrense
- Tid og strekning tilbakelagt i motgående kjørefelt
- Strekning tilbakelagt fra aktivt kjøretøy starter forbikjøringen til posisjonen hvor den avsluttes
- Strekningen tilbakelagt fra aktivt kjøretøy bestemmer seg for å foreta forbikjøring til den er avsluttet
- Retardasjon hvis forbikjøringen avbrytes
- Lengde av kjøretøyene
- Tidsluker mellom kjøretøyene før og etter forbikjøring
- Sikkerhetstid til møtende kjøretøy
- Reaksjonstid krevd for at aktivt kjøretøy skal avbryte forbikjøringen. Denne bør avhenge av om situasjonen var forventet eller en overraskelse

### 3.3. Forbikjøringsforsøk

Forbikjøringsforsøk ble valgt som metode basert på pilotforsøket gjennomført i forstudien til denne oppgaven. Pilotforsøket bekreftet at dette er en tilfredsstillende metode. Metoden er beskrevet i kapittel 5.1 Forbikjøringsforsøk.

Det ble gjennomført forbikjøringsforsøk for å få innsamlet data basert på faktiske forbikjøringer for å kunne validere resultatene fra FORB-modellen. Forsøksdataene er derfor en viktig del av oppgaven for å kunne komme frem til løsningen på problemstillingen.

Forbikjøringsforsøk er en kvantitativ metode. Fordelen med denne, er at det er mulig å redusere informasjonsmengden til kun den delen som er interessant for oppgaven. Videre er det en fordel at resultatene kan illustreres på en oversiktlig og god måte i tabeller eller figurer (Larsen, 2007).

### 3.4. Intervjurunde

Da det var ønskelig å implementere føreratferd i modellen, og det er vanskelig å kvantifisere slike data, ble det tatt i bruk en kvalitativ metode. Intervjurunde ble valgt som metode. Metoden beskrives i kapittel 5.2 Dybdeintervju med et utvalg sjåførere.

Det ble valgt å gjennomføre intervjurunder fremfor spørreundersøkelse fordi metoden retter seg direkte mot intervjuobjektet, og det gjør det enklere å rydde unna misforståelser underveis (Larsen, 2007). I en spørreundersøkelse vil man få flere svar, men muligheten til å kommunisere med deltakeren og forklare sentrale begreper forsvinner.

Intervjurunden skulle fremskaffe andre typer resultater og supplere forbikjøringsforsøkene. Utfordringene med intervju, som metode, er at det er vanskelig å etterprøve informasjonen, og det er en svært tidkrevende prosess å behandle dataen i ettertid (Larsen, 2007).

Utvelging av intervjuobjektene har foregått ved hjelp av hensiktsmessig prøvetakingsstrategi og delvis formålsbestemt prøvetakingsstrategi (Robinson, 2014). Metoden for prøvetaking har vært hensiktsmessig prøvetaking. I følge Robinson (2014) er hensiktsmessig prøvetaking når man finner en nærliggende kilde til potensielle intervjuobjekter som er praktiske i deres nærhet og villige til å delta. Ofte gir ikke dette et tilfeldig utvalg av tilgjengelige intervjuobjekter. Årsaken til at denne metoden ble brukt var fordi det ble etterspurt visse kvaliteter hos intervjuobjektene i forkant av intervjurunden: «Helst skal deltakerne være sjåfør av personbil, gjennomføre forbikjøringer på en tofeltsveg ofte, være bevisst på sine egne vurderinger og beslutninger i tillegg til å være interessert i tema og ønske å delta».

Deler av den formålsbestemte prøvetakingsstrategien ble også brukt. Årsaken til dette er at under utvelgelsen av intervjuobjekter ble det kontrollert at fordelingen av kjønn og alder var god. Den formålsbestemte prøvetakingsstrategien har sørget for at bestemte kategorier av tilfeller blant de tilgjengelige intervjuobjektene er representert i den endelige gruppen deltakere (Robinson, 2014).

## 4. Teori

Dette kapittelet presenterer eksisterende forskning og teori knyttet til forbikjøringer på tofeltsveger. Kapittelet inkluderer SINTEF sin klassifisering av faser i en forbikjøring og krav fra håndbøkene til Statens vegvesen som blir brukt til blant annet vegbygging og vegutforming. I tillegg er det gitt en beskrivelse av de eksisterende modellene som oppgaven har benyttet som inspirasjonskilder (SINTEF-modellen, Aimsun-modellen og den tyske modell).

### 4.1. Fasene i en forbikjøring i SINTEF-modellen

En forbikjøring er en prosess som kan beskrives på flere måter. Børnes, Sakshaug og Aakre (2004) beskriver en forbikjøringsprosess ved å dele den opp i fem forskjellige faser. De fem forskjellige fasene ble svært sentrale i både beskrivelsen av forbikjøringsprosessen og i beregningene i FORB-modellen. Hver fase i forbikjøringsmodellen til Børnes, Sakshaug og Aakre (2004) er nærmere beskrevet under.

#### **FASE 1 – Før forbikjøringsprosessen starter**

I fase 1 begynner sjåføren av det aktive kjøretøyet å tenke på å kjøre forbi. I det sjåføren bestemmer seg for å kjøre forbi er man over i fase 2. Det betyr at fase 1 er tiden det tar å vurdere situasjonen og avgjøre om det er aktuelt å kjøre forbi. Børnes, Sakshaug og Aakre (2004) har vurdert denne fasen til å vare i 1,5 sekunder.

#### **FASE 2 – Akselerasjon inntil kjøretøyene er side om side**

Fase 2 starter når sjåføren av det aktive kjøretøyet bestemmer seg for å foreta en forbikjøring, blinker og legger kjøretøyet ut i venstre fil. Når venstre framhjul passerer den gule midtlinjen, er det aktive kjøretøyet over i motsatt kjørefelt.

I modellen er det mulig å angi i hvor stor grad det passive kjøretøyet skal hjelpe til under forbikjøringsprosessen ved å senke hastigheten. Retardasjonen vil avhenge av starthastigheten til kjøretøyet. Målet er å få frem en realistisk akselerasjonsutvikling for begge de involverte kjøretøyene.

#### **FASE 3 – Kjøring med konstant hastighet etter passering**

Fase 3 varer fra kjøretøyene er side om side til forbikjøringsprosessen er avsluttet. Forbikjøringsprosessen regnes som avsluttet når venstre bakhjul har passert den gule midtlinjen, og det aktive kjøretøyet befinner seg tilbake i høyre kjørefelt. Forbikjøringsprosessen avsluttes i det avstanden mellom det aktive og det passive kjøretøyet regnes som stor nok. Denne avstanden er en sjåføravhengig parameter.



Det antas at det aktive kjøretøyet slutter å akselerere etter fase 2 og at begge kjøretøyene kjører med konstant hastighet i fase 3. I denne fasen holder det aktive kjøretøyet høyere hastighet enn det passive kjøretøyet når det er på vei tilbake til opprinnelig kjørefelt.

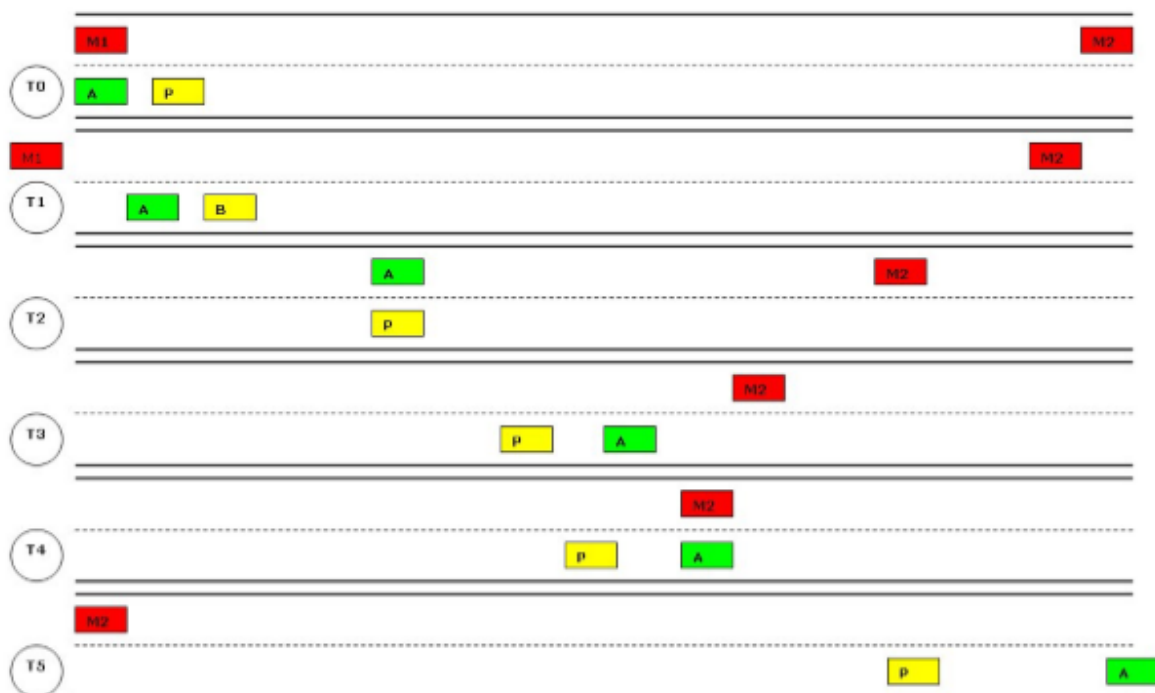
#### FASE 4 – Etter forbikjøringen er avsluttet

Fase 4 starter når det aktive kjøretøyet har avsluttet forbikjøringen og varer til det møter et motgående kjøretøy. Det betyr at fasen beskriver sikkerhetstiden etter endt forbikjøring.

#### FASE 5 – Tid før møtende kjøretøy passerer startpunktet

Fase 5, den siste fasen, beskriver tiden det motgående kjøretøyet bruker på strekningen fra det møter det aktive kjøretøyet frem til det befinner seg på samme punkt som det aktive kjøretøyet befant seg når fase 1 begynte. Denne tiden beskriver nødvendig tidsluke for at man kan bruke den til å kjøre forbi.

Tilbakelagt distanse for møtende kjøretøy i de fem fasene utgjør forbikjøringssikten. En illustrasjon av sammenhengen mellom de fem fasene er gitt i Figur 5.



Figur 5: Illustrasjon av de fem fasene i SINTEF-modellen. Hentet fra SINTEF rapport, figur 36, s. 83 (Børnes, Sakshaug og Aakre, 2004)

En beskrivelse av de involverte kjøretøyene i Figur 5 er gitt i Figur 6.

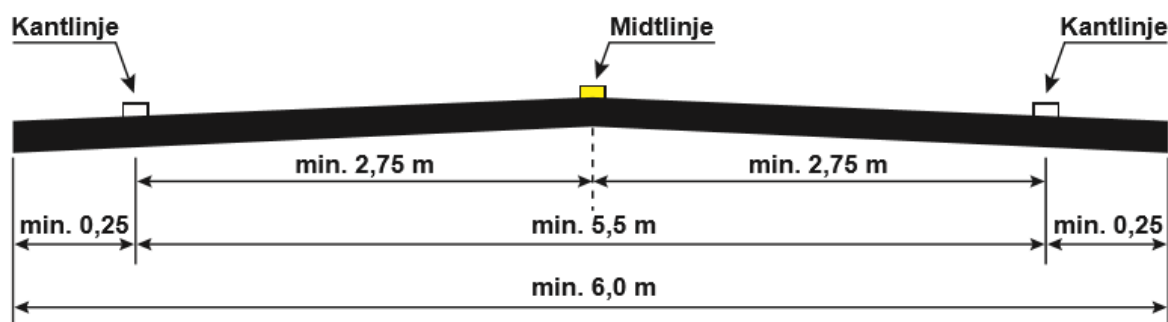
Bil	Farge	Beskrivelse
A	Grønn	Det aktive kjøretøyet, dvs bilen som aktivt foretar forbikjøringen
P	Gul	Det passive kjøretøyet, dvs bilen som blir forbikjørt
M1	Rød	Det første av to møtende kjøretøy
M2	Rød	Det andre av to møtende kjøretøy

Figur 6: Illustrasjonsbeskrivelse tilhørende Figur 5. Hentet fra SINTEF rapport, tabell 25, s. 83 (Børnes, Sakshaug og Aakre, 2004).

## 4.2. Tofeltsveger

I Norge er utformingskravene til vegene avhengig av om det gjelder en nasjonal hovedveg, øvrig hovedveg, samleveg eller en atkomstveg. Det er ikke gitt en utdypende beskrivelse av hva som klassifiserer en tofeltsveg. Hvilke utformingskrav som skal benyttes ved utforming av vegen er avhengig av ÅDT. Definisjonen av tofeltsveger i Norge er beskrevet i HB V380 Nasjonalt vegreferansesystem (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2014d) og er som følger: «En vanlig tofeltsveg er en veg med to kjørefelt og trafikk i begge retninger. Felt 1 har kjøreretning sammenfallende med vegens metreringsretning, mens felt 2 har kjøreretning mot vegens metreringsretning.»

En tofeltsveg behøver ikke være utformet med midtlinje. Årsaken til at noen veger bygges uten midtlinje er fordi vegen er smalere enn minste breddekrav for oppmerking av midtlinje. Midtlinjen er en viktig informasjonskilde om forbikjøringsmuligheter og øker sikkerheten knyttet til eventuell forbikjøring, men så lenge vegen er bred nok til at to biler kan passere hverandre og sikten er god, kan det uansett gjennomføres en forbikjøring. I et slikt tilfelle må sjåføren selv avgjøre hvor sikkert det er å gjennomføre en forbikjøring i området. Den dimensjonerende bredden på en personbil er 1,8 meter (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2014a). Hvor bred vegen må være for å få oppmerket midtlinje er vist i Figur 7.



Figur 7: Krav til bredde på vegen for å få oppmerket midtlinje. Hentet fra HB N302, figur 5.1 (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2014c).

Definisjonen tofeltsveg er ikke lik i alle land. I andre land er definisjonen av tofeltsveger mer spesifikk enn den er i Norge. I USA for eksempel, defineres en tofeltsveg ut ifra hvilke funksjoner vegen har å tilby, og hvilke forventninger sjåføren har til vegen. Tofeltsvegene kan deles inn i tre forskjellige klasser (Two-Lane Highways):

1. Bilistene forventer å kjøre i relativt høy hastighet.
2. Bilistene forventer ikke nødvendigvis å kjøre i høy hastighet.
3. Motorvegen passerer gjennom et moderat utviklet område.

For FORB-modellen har det ingen betydning for resultatet om forbikjøringen skjer på en tofelts hovedveg, samleveg eller atkomstveg. Problemstillingen i oppgaven ble definert slik den er fordi modellen baserer seg på et møtende kjøretøy i beregningen. Et møtende kjøretøy har betydning for en forbikjøring kun på tofeltsveger. Hvis tilfellet er at modellen benyttes på veger med mer enn to kjørefelt, er det kun fase to og tre som er av interesse. Grunnen til det er at disse to fasene beskriver selve forbikjøringslengden, som ikke avhenger av møtende kjøretøy.

#### 4.3. Sikt

Det brukes fire forskjellige definisjoner av sikt og disse er hentet fra Statens vegvesen sin håndbok V120 (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2014b). Definisjonene er som følger:

**Fri sikt** er sammenhengende, synlig veglengde for en sjåfør som befinner seg midt i kjørefeltet og har øyehøyde  $a_1$  over kjørebanelen. Den dimensjonerende øyehøyden er 1,1 meter.

**Stoppesikt** er nødvendig siktlengde frem til et objekt for at sjåføren skal kunne oppdage objektet, reagere, vurdere om han skal bremse og bremse kjøretøyet til stopp. Stoppesikt brukes blant annet ved dimensjonering av vertikalkurvatur i høybrekk.

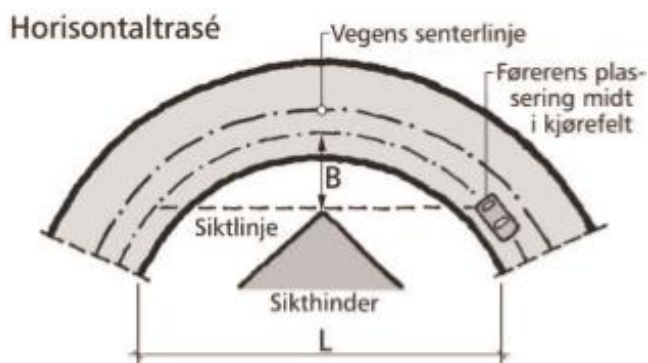
**Møtesikt** er sikt frem til et kjøretøy med nærmere angitt høyde som kjører i motsatt retning i samme kjørefelt. Sikten skal være lang nok til at begge kjøretøyene rekker å stanse.

**Forbikjøringssikt** er minste siktlengde en sjåfør må ha fremover mot motgående trafikk i det øyeblikket han ønsker å begynne en forsvarlig og trygg forbikjøring.

Når man skal vurdere sikt i forbindelse med siktkontroll eller beregninger, tas det utgangspunkt i at sikten skal vurderes fra øyehøyden til sjåføren. Øyehøyde er definert som øyehøyde over vegbanen for en sjåfør i en personbil (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2014b). Basert på statistiske opplysninger om variasjon i førerhøyde og personbilpark er den dimensjonerende øyehøyden satt til 1,1 m over vegbanen. Denne øyehøyden forutsetter at 85 % av

personbilparken med en gjennomsnittsfører og en passasjer skal ha øyehøyde større enn 1,1 m (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2014b).

Alle elementene i vegens linjeføring dimensjoneres ikke ut fra krav til sikt og det er derfor viktig å gjennomføre siktkontroll. Ofte får man problemer med å tilfredsstille krav til sikt ved å kombinere krappe kurver, høy hastighet, smal tverrprofil eller stor stigningsgrad (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2014b). Ved å utvide grøfter, slake ut skjæringer eller kurver kan siktproblemene løses. Figur 8 illustrerer hvordan siktkontroll kan utføres. Det er verdier for B som er avgjørende for ulike horisontalkurveradier. Krappe kurver krever større verdi for B.



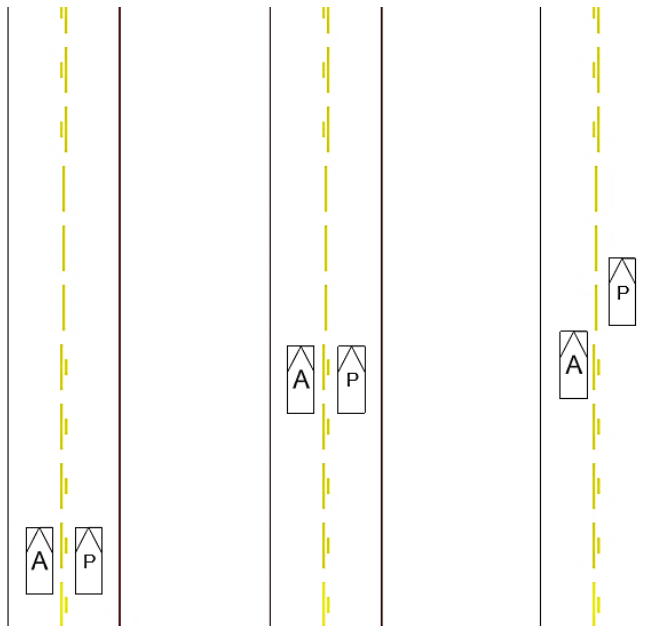
Figur 8: Illustrasjon av siktkontroll. Hentet fra HB V120, s.49, figur 5.2 (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2014b)

Kvaliteten og sikkerhetsnivået på en vegstrekning påvirkes av siktforhold. Dette gjør at krav til sikt er en viktig faktor når beslutninger om vegens geometriske utforming tas. Eksempelvis lar horisontalkurveradius, vertikalkurveradius i høybrekk og sideterrengets utforming seg påvirke av siktkravene.

Forbikjøringsmodeller angir ofte nødvendig forbikjøringssikt. I disse modellene er også stoppsikt og møtesikt relevant. I forbikjøringsprosessen, slik den er beskrevet i denne oppgaven, kan forbikjøringen avbrytes frem til kritisk punkt i forbikjøringen. Når det aktive kjøretøyet enten ligger side om side eller har passert det passive kjøretøyet, blir det nødt til å fullføre forbikjøringen. Da er det viktig at sikten fremover er tilstrekkelig, slik at det aktive kjøretøyet kan komme seg inn i opprinnelig kjørefelt igjen med tilstrekkelig sikkerhetstid.

Det er ikke et problem om forbikjøringen avbrytes underveis, så lenge det skjer før det kritiske punktet nås. Om det er anbefalt å avbryte forbikjøringen avhenger av hvordan kjøretøyene ligger plassert på vegen i forhold til hverandre i det vegoppmerkingen viser varsellinje. Hvis

kjørefeltlinjen tar slutt før kjøretøyene er side om side, er det naturlig å avbryte forbikjøringen. Dette tilfellet er illustrert helt til høyre i Figur 9. Om det aktive kjøretøyet er side om side akkurat når det møter varsellinja, som er tilfellet i midten i Figur 9, skal det gå bra å fullføre forbikjøringen. Hvis kjøretøyene har nådd side om side, skal det aktive kjøretøyet ha tilstrekkelig med kjørefeltlinje for å unngå konflikt med eventuelt møtende kjøretøy og kan av den grunn fullføre forbikjøringen. Dette tilfellet er illustrert helt til venstre i Figur 9.



Figur 9: Illustrasjon av kjøretøyene i forskjellige posisjoner i forbikjøringen

#### 4.4. Forbikjøringskrav

Forbikjøringskravene til antall forbikjøringsmuligheter baserer seg på forbikjøringsstet. Det er viktig å få frem at det er en tydelig forskjell på forbikjøringsstet og forbikjøringslengde. Begrepene er definert i kapittel 2 Definisjoner. En vegstrekning må ha tilgjengelig forbikjøringsstet for at den skal telle som en forbikjøringsmulighet. Kravet til antall forbikjøringsmuligheter varierer avhengig av om det er nasjonale hovedveger eller øvrige hovedveger. Antallet beskriver hvor mange forbikjøringsmuligheter en strekning minst må ha for å oppfylle kravet til forbikjøringsstet. Disse er vist i Figur 10 og Figur 11.

Krav til antall forbikjøringsmuligheter er gitt for å sikre god trafikkflyt på vegnettet. Kravene i Figur 10 og Figur 11 informerer om kvaliteten på vegen når det gjelder avvikling.

ADT	Ny veg	Utbedringsstandard
< 4000	Minst 2 forbikjøringsmuligheter pr. 10 km	Minst 1 forbikjøringsmulighet pr. 10 km
4000-6000	Minst 1 forbikjøringsfelt pr.10 km	Minst 1 forbikjøringsmulighet pr. 10 km
6000-8000	Minst 1 forbikjøringsfelt pr.10 km	Minst 1 forbikjøringsfelt pr.10km
8000-12000	Minst 2 forbikjøringsfelt pr.10 km	Minst 1 forbikjøringsfelt pr. 10km

Figur 10: Krav til antall forbikjøringsmuligheter på nasjonale hovedveger med fartsgrense 80 og 90 km/t, fra HB N100, s. 133, tabell E.11 (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2014a).

ADT	Ny veg	Utbedringsstandard
< 1500	Minst 1 forbikjøringsmulighet pr. 10 km	Ingen krav
1500 - 4000	Minst 1 forbikjøringsmulighet pr.10 km	Minst 1 forbikjøringsmulighet pr. 10 km

Figur 11: Krav til antall forbikjøringsmuligheter på øvrige hovedveger med fartsgrense 80 km/t, fra HB N100, s. 133, tabell E.12 (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2014a).

Forbikjøringskravene angir minimum antall forbikjøringsmuligheter vegen må ha. På en vegstrekning som er egnet til forbikjøring, men som ikke har tilgjengelig forbikjøringssikt kan det fremdeles benyttes vegoppmerking som opplyser om forbikjøringsmuligheten. Det betyr at forbikjøringskravene ikke kan tilknyttes reglene for vegoppmerking. Det er få tilfeller der det aktive kjøretøyet har tilgang på forbikjøringssikt i forkant av forbikjøringen. I slike tilfeller må det tas hensyn til at det aktive kjøretøyet kan bli nødt til å avbryte forbikjøringen hvis det møter motgående kjøretøy eller annen vegoppmerking før det aktive kjøretøyet har nådd kritisk punkt i forbikjøringen.

I tillegg til krav til antall forbikjøringsmuligheter finnes det krav til stoppsikt, møtesikt og forbikjøringssikt. Slike krav blir ofte oppgitt med enten en minimum- eller en maksimumsverdi. De ulike siktlengdene må beregnes for å kunne kontrollere om de er innenfor kravene.

Grunnparameterne som inngår i beregningene er (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2014b):

$t_r$  = reaksjonstid

$V$  = fartsgrense

$f_b$  = bremsefriksjon

$s$  = stigningsgrad

$r$  = retardasjon

### Stoppsikt

$$L_s = V * t_r + \frac{V^2}{2 * r} \text{ [m]}$$

Stoppesikten beregnes ved å finne distansen som tilbakelegges i løpet av tiden det tar for sjåføren å reagere, pluss tiden kjøretøyet bruker på å stoppe basert på hastighet i forhold til retardasjon. Formelen er skrevet ut i håndbøkene slik at den inneholder konstanter som sørger for å regne om hastigheten fra km/t til m/s.

$$L_s = L_r + L_b = 0,278 * t_r * V + \frac{V^2}{254,3 * (f_b + s)} \text{ [m]}$$

Kravet til stoppesikt varierer med fartsgrenser. Tabell 1 viser en oversikt over den veiledende stoppesikten,  $L_s$  (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2014c).

*Tabell 1: Krav til stoppesikt avhengig av fartsgrense*

<b>Fartsgrense [km/t]</b>	<b>Stoppesikt [m]</b>
50	45
60	70
70	90
80	115
90	175
100 og 110	255

### **Møtesikt**

Formelen for møtesikt er som følger (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2014b):

$$L_m = 2L_s + 10 \text{ [m]}$$

Tidligere, i HB 049 Vegoppmerking (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2001), var møtesikten gitt som  $2 * L_s$ . Nå er møtesikten lik to ganger stoppesikt i tillegg til at det er lagt til en sikkerhetsavstand på 10 meter. Kravene som er gitt for møtesikt varierer med vertikalkurveradien og er vist i Figur 12.

R <sub>v</sub> [m]	Siktlengde L <sub>m</sub> (L <sub>p</sub> ) [m]											
	75	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	550
600	0,00											
700	0,17											
800	0,30											
1000	0,47											
1250	0,61	0,18										
1500	0,71	0,34										
2000	0,82	0,55	0,20									
2500	0,89	0,68	0,39	0,05								
3000	0,94	0,76	0,52	0,24								
4000	1,00	0,86	0,69	0,47								
5000	1,03	0,93	0,78	0,61	0,18							
6000	1,06	0,97	0,85	0,71	0,34							
7000	1,07	1,00	0,90	0,77	0,46	0,06						
8000	1,09	1,02	0,93	0,82	0,55	0,20						
10000	1,10	1,05	0,98	0,89	0,68	0,39	0,05					
15000	1,13	1,09	1,04	0,99	0,84	0,65	0,43	0,15				
20000	1,14	1,11	1,08	1,03	0,93	0,78	0,61	0,41	0,18			
30000	1,15	1,13	1,11	1,08	1,01	0,91	0,80	0,66	0,51	0,33	0,13	
40000	1,16	1,14	1,13	1,10	1,05	0,98	0,89	0,79	0,68	0,54	0,39	0,23
50000	1,16	1,15	1,14	1,12	1,08	1,02	0,95	0,87	0,78	0,67	0,55	0,42

Figur 12: Møtesiktlengder fra HB V120, s. 51, figur 5.5 (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2014b).

### Forbikjøringssikt

Formelen for forbikjøringssikt er som følger:

$$L_f = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5$$

Formelen for forbikjøringssikt har bakgrunn i SINTEF-modellen (Børnes, Sakshaug og Aakre, 2004). Formelen beskriver at forbikjøringssikten er avhengig av den tilbakelagte distansen i hver fase. I Håndbok N100 (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2014a) er forbikjøringssiktlengden lik 450 m ved hastighet 80 km/t, og 550 m hvis hastigheten er 90 km/t.

### 4.5. Vegoppmerking

Reglene for vegoppmerking er forskjellig fra land til land og reglene i hvert land er ofte knyttet til de lokale forholdene. Uten forskjellige typer vegoppmerking ville det kun eksistert varsellinje på vegene. I Sverige for eksempel finnes det kun varsellinje og ingen vegoppmerking som veileder forbikjøringer (Trafikkverket og Sveriges Kommuner och Landsting, 2015). Der er det opp til hver enkelt sjåfør å vurdere forbikjøringsmulighetene, noe som kan variere blant ulike typer sjåførere. Denne oppgaven tar for seg de norske reglene for vegoppmerking og disse kan avvike fra skandinaviske og andre internasjonale systemer. Ett av formålene med oppgaven er at den nye modellen skal være egnet til å vurdere ulike vegoppmerking.



Vegoppmerking kan være bindende eller veiledende. Hensikten med vegoppmerking er å bedre trafiksikkerhet og trafikkavvikling ved å lede trafikken, varsle trafikantene, regulere trafikken og informere. Vegoppmerking gir informasjon om vegens videre føring og varsler farlige eller spesielle forhold (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2014c).

I forbindelse med vegoppmerking finnes det både langsgående og tverrgående oppmerking (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2014c). Relevant for denne oppgaven er den langsgående vegoppmerkingen.

Langsgående oppmerking utformes som kjørefeltlinje, varsellinje, sperrelinje eller kombinerte linjer når det gjelder oppmerking på tofeltsveger med trafikk i begge retninger (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2014c). De forskjellige typene vegoppmerking er illustrert i Figur 13 og en nærmere forklaring av de forskjellige følger under.

1000	Kjørefeltlinje	
1002	Varsellinje	
1004	Sperrelinje	
1006.1	Kjørefeltlinje/Varsellinje	
1006.2	Kjørefeltlinje/Sperrelinje	
1006.3	Varsellinje/Sperrelinje	
1006.4	Dobbel Sperrelinje	
1006.5	Dobbel Varsellinje	

Figur 13: Typene vegoppmerking. Hentet fra HB N302, s. 22, utklipp fra tabell 3.1 (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2014c).

Definisjonene er hentet fra HB N302 (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2014c):

**Kjørefeltlinje** har kort strek og lang åpning. Denne kan passeres når det skjer i samsvar med trafikkreglens bestemmelser. Kjørefeltlinje som midtlinje anvendes kun ved fartsgrense 70, 80 og 90 km/t (Lovdata).

**Varsellinje** har lang strek og kort åpning. Varsellinje skal anvendes som midtlinje når fartsgrensen er 60 km/t eller lavere, og det er ikke nødvendig å anvende sperrelinje for noen av kjøreretningene. Varsellinje benyttes også som midtlinje på veger med fartsgrense 70 km/t eller høyere når sikten fremover i kjøreretningen er mindre enn minimum sikt for oppmerking av kjørefeltlinje og det ikke er nødvendig å anvende sperrelinje.

**Sperrelinje** er en heltrukken linje som skiller kjørefelt. Som midtlinje kan sperrelinje bare anvendes i kombinasjon med kjørefeltlinje eller varsellinje eller som dobbel sperrelinje. Enkel sperrelinje skal ikke brukes som midtlinje. Sperrelinje benyttes i forbindelse med gangfelt, sperreområder/trafikkøyer og på vegstrekninger hvor det er særlig farlig å krysse midtlinjen.

**Kombinerte linjer** benyttes på strekninger hvor det er ulike restriksjoner i ulike retninger, for eksempel som kjørefeltlinje/varsellinje som angir at det er møtesikt i den ene retningen, men ikke i den andre retningen.

Kravet til oppmerking av kjørefeltlinje er knyttet til fartsgrense og sikthforhold langs veglinjen. Sammenhengende lengde av kjørefeltlinje i kjøreretningen skal minimum være lik siktkravet for at det skal merkes opp kjørefeltlinje (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2014c). Krav til minimum siktlengde for oppmerking av kjørefeltlinje ved ulike fartsgrenser er vist i Tabell 2.

Tabell 2: Minimum sikt for oppmerking av kjørefeltlinje (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2014c)

Fartsgrense [km/t]	Minimum sikt for oppmerking av kjørefeltlinje [m]
70	230
80	280
90	330

Fra tidligere håndbøker er minimum sikt for oppmerking av kjørefeltlinjen gitt som det dobbelte av stoppsikten (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2001). Verdiene i Tabell 2 ble gjeldene etter at SINTEF utviklet sin modell for forbikjøringer i 2004. Utviklingen av kravene for minimum sikt for oppmerking av kjørefeltlinje har gått i retningen av at det blir sikrere å kjøre forbi. Oppgaven har ingen bakgrunn for å si om dette har hatt effekt på ulykkesstatistikken.

#### 4.6. Eksisterende forbikjøringsmodeller

De eksisterende modellene som ble benyttet i denne oppgaven er beskrevet her.

##### 4.6.1. SINTEF-modellen

Informasjonen om SINTEF-modellen er hentet fra SINTEF rapporten *Forbikjøring - Grunnlag for revisjon av Håndbok 017 Veg- og gateutforming* (Børnes, Sakshaug og Aakre, 2004).

SINTEF-modellen gir informasjon om tid og avstand i hver fase av forbikjøringsprosessen i tillegg til å beregne sannsynligheten for at det kan gjennomføres en forbikjøring. Sannsynligheten er basert på sammenhengen mellom ÅDT og tilgjengelige tidsluker når det tas

hensyn til motgående trafikk og ikke siktforhold. SINTEF-modellen kan også beregne andelen av tiden man kan kjøre forbi når det kun tas hensyn til sikt. I stedet for å vurdere forbikjøringsmuligheter basert på tilgjengelige avstander har de i denne modellen vurdert hvor stor andel av tiden det er mulig å kjøre forbi.

SINTEF-modellen beskriver en forbikjøring ved bruk av fem forskjellige faser. En fase er definert som hva som skjer mellom to tider. SINTEF-modellen beregner nødvendig tidsluke ved å benytte de fem fasene som er klassifisert tidligere i kapittelet. Disse er:

1. Før forbikjøringen starter
2. Akselerasjon inntil kjøretøyene er side om side
3. Kjøring med konstant hastighet etter passering av kjøretøyet
4. Etter forbikjøringen er avsluttet
5. Tid før møtende kjøretøy passerer startpunktet

SINTEF-modellen avgjør om det er mulig å gjennomføre en forbikjøring basert på tidsluken. Tidsluken er beskrevet som  $TM\_OK$ . Det er summen av alle fasene som angir hvor stor tidsluken i motgående trafikk minst må være for at aktivt kjøretøy skal kjøre forbi passivt kjøretøy. Uttrykket for dette blir som følger:  $TM\_OK = T5 - T0$ .

Hvis  $TM > TM\_OK$ , betyr det at avstanden mellom møtende kjøretøy og aktivt kjøretøy er lang nok til at forbikjøringen kan gjennomføres på en sikker måte, og SINTEF-modellen går videre med en forbikjøring. Hvis dette ikke er tilfellet, og  $TM < TM\_OK$ , tar SINTEF-modellen utgangspunkt i at det er umulig med en forbikjøring. SINTEF-modellen er konservativ i den forstand at den krever en svært lang tidsluke for å gjennomføre forbikjøringen.

Flere av parameterne i SINTEF-modellen fungerer som inputdata. Hvilke parametere som inngår i en forbikjøring er vist i Figur 14.

<i>Parameter</i>	<i>Beskrivelse</i>	<i>Verdi</i>
VA1	Starthastighet bil A	70 km/t
VP1	Starthastighet bil P	70 km/t
VM	Hastighet for de møtende bilene M1 og M2	80 km/t
AA	Akselerasjon for bil A i fase F2 Angis direkte eller bregnes etter formelen: $AA = 2.0 - (VA1/60)$	0.83 m/s <sup>2</sup>
AP	Akselerasjon (retardasjon) for bil P i fase F2 Bør kanskje settes lik 0, slik at P kjører med konstant hastighet? Angis direkte eller beregnes etter formelen: $AP = - (VP1/240)$	-0.29 m/s <sup>2</sup>
LA	Lengde av bil A	6 m
LP	Lengde av bil P	6 m
TAP	Tidsavstand fra fronten av A til bakenden av P før forbikjøring	1.5 sek
TPA	Tidsavstand fra fronten av P til bakenden av A etter forbikjøring	1.5 sek
TAM1	Reaksjonstid Tid fra bil A møter bil M1 til forbikjøring starter $TAM1 = T1 - T0$ (lengde av fase F1)	1.5 sek
TAM2	Sikkerhetstid Tid fra forbikjøring avsluttes til bil A møter M2 $TAM2 = T4 - T3$ (lengde av fase F4)	1.5 sek

Figur 14: Parameterne som inngår i SINTEF-modellen. Tabell 29, s. 85 i SINTEF rapport (Børnes, Sakshaug og Aakre, 2004)

Med utgangspunkt i inputdataen beregner SINTEF-modellen lengden av de fem forskjellige fasene, tilbakelagt distanse etter hver fase for både det aktive og det passive kjøretøyet, i tillegg til minste tidsluke i motgående trafikk som gjør forbikjøringen mulig å gjennomføre. Formlene som blir brukt til beregninger i SINTEF-modellen, er vist i Figur 15.

Fase	Størrelse	Beskrivelse	Beregning
F1	TF1	Lengde av fase F1 (=reaksjonstid)	TAM1
F1	XA1	Utkjørt distanse bil A i fase F1 (fra felles nullpunkt)	VA1*TF1
F1	XP1	Utkjørt distanse bil P i fase F1 (fra felles nullpunkt)	VP1*TF1+VP1*TAP+LP
F2	XA2	Utkjørt distanse bil A i fase F2	VA1*TF2+0.5*AA*TF2 <sup>2</sup>
F2	XP2	Utkjørt distanse bil P i fase F2	VP1*TF2+0.5*AP*TF2 <sup>2</sup>
F2	TF2	Lengde av fase F2	Finner TF2 slik at XA1+XA2=XP1+XP2 (dvs bilene er side om side)
F3	VA	Bil A's hastighet etter fase F2	VA=VA1+VA1*TF2
F3	VP	Bil B's hastighet etter fase F2	VP=VP1+VP1*TF2
F3	XAP3	Krav til avstand mellom A og P når forbikjøring avsluttes	VP*TPA+LA
F3	TF3	Lengde av fase F3	XAP3/(VA-VP)
F3	XA3	Utkjørt distanse bil A i fase F3	VA*TF3
F3	XP3	Utkjørt distanse bil P i fase F3	VP*TF3
F4	TF4	Lengde av fase F4 (=sikkerhetstid)	TAM2
F4	XA4	Utkjørt distanse bil A i fase F4	VA*TF4
F4	XP4	Utkjørt distanse bil P i fase F4	VP*TF4
F5	XM25	Avstanden som bil M2 må kjøre i fase F5 = avstand bil A har kjørt fra han møter M1 til han møter M2 =	XA1+XA2+XA3+XA4
F5	TF5	Lengde av fase F5	XM25/VM
	TM_OK	Minste tidsluke i motgående strøm som gjør forbikjøring mulig	TF1+TF2+TF3+TF4+TF5

Figur 15: Formeloversikt til beregningene i SINTEF-modellen. Tabell 30, s. 86 i SINTEF rapport (Børnes, Sakshaug og Aakre, 2004)

SINTEF-modellen antar at tidsluken følger en eksponentialfordeling. Med denne antakelsen beregner modellen sannsynligheten for en tilstrekkelig lang luke ved bruk av følgende formel:  
 $P(TM > TM\_OK) = \exp(-VOLUM2/3600 * TM\_OK)$

I og med at tidsluken er avhengig av sammenhengen mellom timetrafikk i motgående trafikk og ÅDT er følgende sammenheng gitt:

$$VOLUM2 = \text{ÅDT} * (\text{DØGN}\_%/100) * (\text{TIME}\_%/100) * (\text{RETN2}\_%/100)$$

Denne sammenhengen avhenger av en rekke parametere som krever utdypning. Utdypningen er gitt i Figur 16.

<i>Parameter</i>	<i>Beskrivelse</i>
ÅDT	Årsdøgntrafikk
DØGN_%	Angir hvor stor døgntrafikken er i det døgnet vi betrakter i forhold til ÅDT
TIME_%	Angir hvor stor timetrafikken er i den timen vi betrakter i forhold til døgntrafikken
RETN1_%	Angir andel av timetrafikken som går i retning 1 (dvs den retningen som bilene A og P kjører i)
RETN2_%	Angir andel av timetrafikken som går retning 2 (dvs den retningen som bilene M1 og M2 kjører i)
VOLUM2	Angir timetrafikken i retning 2

Figur 16: Parameterbeskrivelse. Tabell 32, s. 87 i SINTEF rapport (Børnes, Sakshaug og Aakre, 2004)

Sannsynligheten for at tidsluken i motgående trafikk er lang nok avhenger av følgende formel:

$$PF\_TRAFIKK = P(TM > TM\_OK)$$

PF\_TRAFIKK er andel av tiden der det er forbikjøringsmulighet når det kun tas hensyn til motgående trafikk og ikke siktforhold.

Siktforholdene blir tatt hensyn til i SINTEF-modellen. Dette gjøres ved å dele strekningen opp i forskjellige siktklasser med fordeling av andelen som kjører forbi ved ulike siktlengder og fartsgrenser. Andelen det her tas hensyn til beskriver de som ønsker å kjøre forbi og som er på utkikk etter en forbikjøringsmulighet. Andelen kalles PF\_SIKT\_FART i SINTEF-modellen. Fordelingen på ulike siktklasser kalles SIKT\_FORDELING og uttrykker hvor stor andel av strekningen som faller innenfor en siktklasse.

Verdien for sannsynligheten for forbikjøring ut fra siktforhold kalles PF\_SIKT. Formelen er som følger:  $PF\_SIKT = \text{Sum av } (PF\_SIKT\_FART * SIKT\_FORDELING)$ , for alle siktklasser.

Ved å følge denne fremgangsmåten har SINTEF-modellen beregnet andelen av tiden man kan kjøre forbi når det kun tas hensyn til trafikk, og andelen av tiden man kan kjøre forbi når det kun tas hensyn til sikt. Siden disse er uavhengige av hverandre beregnes den totale andelen av tiden det er forbikjøringsmulighet ved å multiplisere disse:  $PF = PF\_TRAFIKK * PF\_SIKT$

PF er andelen av tiden det er forbikjøringsmulighet når det tas hensyn til både motgående trafikk og siktforhold, mens PF\_SIKT er andelen av tiden det er forbikjøringsmulighet når det kun tas hensyn til siktforhold.

Det er verdien for PF som sammenlignes med gitte krav for forbikjøring. På denne måten kan SINTEF-modellen blant annet benyttes til å vurdere om det er nødvendig med forbikjøringsfelt på strekningen.

Slik SINTEF-modellen er bygget opp tar den hensyn til enkle kjøretøysparametere som hastighet, akselerasjon og lengde av kjøretøyet. Mer detaljerte parametere som luftmotstand, rullemotstand og utnyttet effekt i forhold til tilgjengelig motoreffekt, er ikke tatt hensyn til i SINTEF-modellen. Føreratferden kan ikke variere.

#### 4.6.2. Aimsun-modellen

Aimsun er en programvare som modellerer trafikk og har brukere over hele verden (TSS-Transport Simulation Systems). I Aimsun er det mulig med mesoskopisk, mikroskopisk og hybrid simulering. Relevant for denne oppgaven er mikroskopisk simulering. Det er denne delen av programvaren som blir beskrevet videre.

Mikrosimulering er et nyttig verktøy til å analysere trafikkoperasjoner (Llorca, *et al.*, 2015). Aimsun består av flere separate modeller som samspiller med hverandre. Forbikjøringsmodellen er en del av *Lane changing model*. *Lane changing model* er beslutningsprosess som analyserer nødvendigheten av å kjøre forbi, hvor ønskelig det er å kjøre forbi og om det er mulig å kjøre forbi.

Det finnes tre forskjellige soner i modellen. Sonene har hver sin måte å beskrive hva slags motivasjon som er bakgrunnen for å bytte fil. I Aimsun er en forbikjøring definert som en manøver hvor føreren av et kjøretøy velger å bytte fil for å passere et annet kjøretøy.

Modellen som avgjør om et kjøretøy skal gjennomføre forbikjøring eller ikke er implementert i det som kalles for *Zone 1*. Definisjonen av denne er vist i Figur 17.

- *Zone 1*: The lane-changing decisions are mainly governed by the traffic conditions of the lanes involved. To measure the improvement that the driver will get from changing lanes, several parameters are considered: The desired speed of driver, the speed and distance of current preceding vehicle, speed and distance of future preceding vehicle in the destination lane. The model implemented in this zone is the [overtaking manoeuvre model](#).

*Figur 17: Definisjon av Zone 1 fra Aimsun sin brukerhåndbok (TSS-Transport Simulation Systems, 2014-2017).*

En forbikjøringsmanøver skjer i *Zone 1* når føreren av kjøretøyet endrer kjørefelt for å passere et annet kjøretøy. Beslutningen om å starte forbikjøring avhenger av at ingen heltrukken linje

forbyr manøveren. Hvis det er flere kjøretøy som ønsker å passere til samme tid, blir det tatt hensyn til om det er tillatt å kjøre forbi samtidig og hvor mange som kan passere samtidig. Om avstanden mellom forbikjøringene er god nok er også med i beslutningen. Når det gjelder hastighetsforskjellene, er det to parametere som fremmer eller hindrer forbikjøring (TSS-Transport Simulation Systems, 2014-2017).

- 1) *Percent Overtake*: Det finnes en %-verdi av ønsket hastighet for det aktive kjøretøyet. Hvis den ønskede hastigheten multipliseres med standardverdien 0,9, og denne hastigheten er større enn hastigheten til det passive kjøretøyet vil det aktive kjøretøyet foreta en forbikjøring.
- 2) *Percent Recover*: Når kjøretøyet kan kjøre fortere enn ønsket hastighet, vil det legge seg tilbake i det «tregere» kjørefeltet. Standardverdien er 0,95.

Det anbefales at verdien av *Percentage Recover* er større enn verdien av *Percentage Overtake*. Hvis ikke, vil forbikjøringen bli avbrutt i det den starter. Tilsvarende, hvis verdiene er satt for små, vil ikke bilene starte forbikjøringen med mindre hastighetsforskjellen er veldig stor, og da vil de gå tilbake til det «tregere» kjørefeltet for tidlig. Avgjørelsen om å endre tilbake til «tregere» kjørefelt etter en forbikjøring bestemmes av *Staying in Overtaking lane* parameteren for kjøretøytypen (TSS-Transport Simulation Systems, 2014-2017).

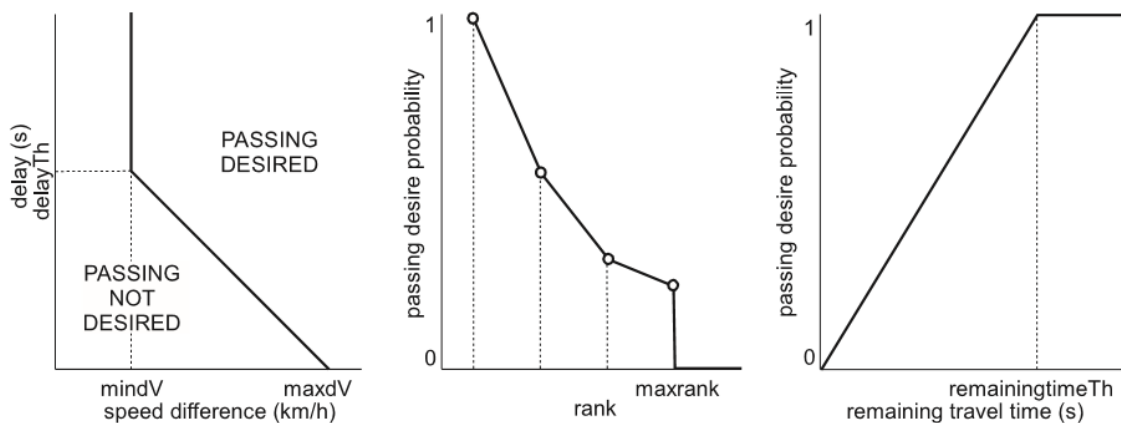
Følsomheten for de to førstnevnte parametere er lav, og de blir foreldet i dagens versjoner av Aimsun. Derfor kan de bare redigeres fra *Tables Window* hvor de er plassert i *Dynamic Experiment tabel* og kolonnenes synlighet er som standard slått av (TSS-Transport Simulation Systems, 2014-2017).

Det er *Two-Way Overtaking Model* som simulerer forbikjøringsmanøveren. I forkant av en forbikjøring i denne modellen gjøres det vurderinger av muligheten for å kjøre forbi for kjøretøyene som ligger i kø. Kjøretøyet kjører i kø hvis det hindres i å nå sin ønskede hastighet på strekningen på grunn av nedstrøms trafikkforhold (Llorca, *et al.*, 2015). Hvert kjøretøy som befinner seg i kø vurderes ut fra ønske om å kjøre forbi basert på fire trekk:

1. Hvor lenge har kjøretøyet ligget i kø
2. Forskjellen mellom ønsket hastighet og faktisk hastighet til fremste bil i køen
3. Plasseringen i køen
4. Gjenstående reisetid

Figur 18 viser at ønsket om å kjøre forbi er basert på tiden tilbakelagt i kø og hastighetsforskjell.





Figur 18: Illustrasjon av sammenhengen mellom ønsket om å kjøre forbi og posisjon, forsinkelse, hastighetsforskjell og tid igjen. Hentet fra "Development of a new microscopic passing maneuver model for two-lane rural roads" s.162, fig.2 (Llorca, et al., 2015)

Videre vil kjøretøyet foreta en forbikjøring hvis kjøretøyet kommer forbi og har mulighet til å fullføre forbikjøringen før passeringssonen avsluttes, og dersom forbikjøringen varer kortere enn tiden tilgjengelig før kollisjon. I denne tiden er det beregnet med en sikkerhetsmargin definert av parameteren for sikkerhetsmargin.

Ved forbikjøring akselererer kjøretøyet med maksimal akselerasjon til ønsket hastighet er nådd. Avhengig av gjenværende forbikjøringstid, tid til kollisjon og nødvendig tid for å avbryte forbikjøringen vil kjøretøyet velge en av de fem mulige måtene å ferdigstille forbikjøringen på (TSS-Transport Simulation Systems, 2014-2017):

1. Hvis forbikjøringen ikke er ferdig og det ikke er noen umiddelbar fare for kollisjon, vil kjøretøyet fortsette forbikjøringen med konstant akselerasjon korresponderende med maksimal akselerasjon til det når sin ønskede hastighet. Deretter fortsetter forbikjøringen i konstant hastighet til den er avsluttet.
2. Hvis forbikjøringen ikke er ferdig og det aktive kjøretøyet ikke har nådd det kritiske punktet under forbikjøringen, avbrytes forbikjøringen hvis det er fare for kollisjon. Det aktive kjøretøyet legger seg inn bak kjøretøyet det forsøkte å passere.
3. Hvis forbikjøringen ikke er ferdig og det er fare for kollisjon, men ikke umiddelbar, og det aktive kjøretøyet har nådd det kritiske punktet i forbikjøring, akselererer kjøretøyet for å gjennomføre forbikjøringen uten å kollidere. Akselerasjonen blir lik den maksimale akselerasjonen til kjøretøyet.

4. Hvis forbikjøringen ikke er ferdig og kjøretøyet har nådd det kritiske punktet under forbikjøringen, men det er umiddelbar fare for kollisjon, akselererer det aktive kjøretøyet for å legge seg inn foran kjøretøyet det passerer og tvinger det til å bremse.
5. Hvis forbikjøringen er ferdig, legger det aktive kjøretøyet seg inn i sitt originale kjørefelt foran kjøretøyet det passerte.

Hvordan modellen tar beslutninger basert på ønske om å kjøre forbi og hvordan de utføres med bakgrunn i avgjørelsen er illustrert i Figur 19.

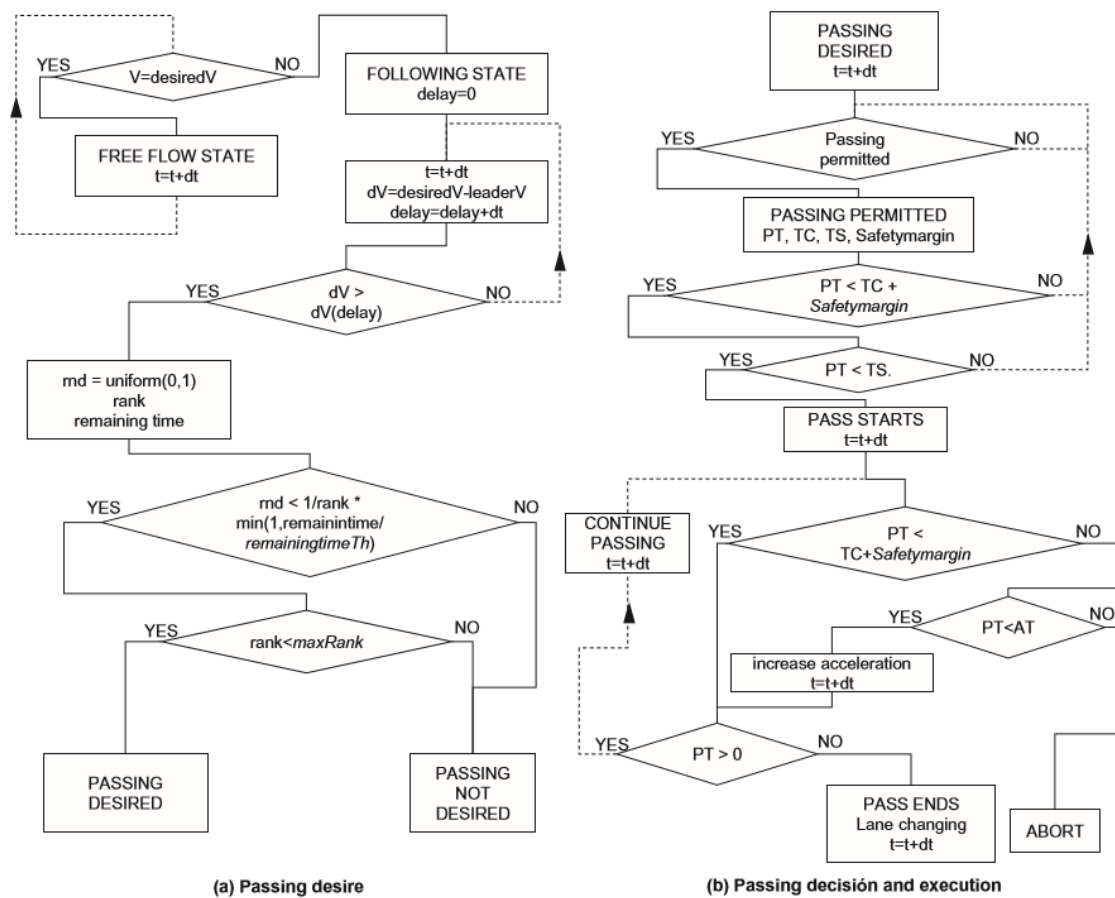


Fig. 3. Model flowchart.

Figur 19: Forbikjøringsmodellens flytskjema. Hentet fra "Development of a new microscopic passing maneuver model for two-lane rural roads" s. 164, fig.3 (Llorca, et al., 2015).

Nødvendig inputdata i Aimsun er veg og trafikkdata til vegen som skal simuleres, både horisontale kurver og vertikale grader inkluderes direkte blant inputdataen (Tapani, 2005a). Modellen inneholder 14 parametere som lar brukeren av modellen inkludere og analysere effekten av menneskelige faktorer, veg geometri og kjøretøyeigenschaften til de aktive kjøretøyene (Llorca, et al., 2015).

Tilgjengelige outputdata inkluderer reisetid, reisehastighet og sannsynligheten for forbikjøring. Statistikken inkluderer både forbikjøringsrater og sikkerhetsmarginer – minus tidsmarginer i avslutningen av forbikjøringen. Modellen gir også reisetid ved null trafikk, altså fri kjøretøyhastighet og den geometriske forsinkelsen (Tapani, 2005a).

#### 4.6.3. Tysk modell

Den tyske modellen for forbikjøringer blir brukt i forbindelse med vegutforming av tofeltsveger. Veters og Jaehrig (2015) har arbeidet med å verifisere og oppdatere modellen for forbikjøringssikt på bakgrunn av endringer i bilparken. For dette formålet ble det gjennomført forbikjøringsforsøk med drone. Den tyske modellen baserer seg på over 1000 videopptak av forbikjøringer. Av 1158 forbikjøringer er det 938 kjøretøy som fullfører og passerer et annet kjøretøy. I evalueringen er det bare gjennomførte forbikjøringer med møtende trafikk som er tatt med i betraktningen. I disse tilfellene var sikkerhetsavstanden avslutningsvis mindre eller lik 200 meter. Analysen ble gjort for å evaluere hvordan møtende trafikk påvirker forbikjøringssituasjonen. Arbeidet med den tyske modellen er utført av det tyske Federal Highway Research Institute og Universitetet i Dresden. I deres arbeid ble det brukt drone til å samle inn data som er en måte ingen andre har brukt mht. antall målinger, ulike data for hastigheter for ulike typer kjøretøy og ulike distanser (Veters og Jaehrig, 2015).

I 2015 utarbeidet SINTEF en rapport (Foss og Kummeneje, 2015) som beskriver hvordan krav til forbikjøringssikt for norske tofeltsveger må justeres på bakgrunn av den tyske modellen for beregning av forbikjøringssikt. Foss og Kummeneje (2015) beskriver også det omfattende arbeidet utført av NCHRP (Harwood, *et al.*, 2008). Harwood, *et al.* (2008) sammenligner 12 ulike modeller for forbikjøringssikt i rapporten for å avgjøre hvilke modeller som best beskriver krav til forbikjøringssikt. Rapporten (Harwood, *et al.*, 2008) konkluderer med at Glennon sin modell (Glennon, 1988), og den fornyede modellen utviklet av Hassan, Easa og El Halim (1996) er modellene som virker mest passende til å representere behovet for forbikjøringssikt.

Begge modellene mener at sjåføren enkelt og trygt kan angre forbikjøringen. Det finnes en kritisk posisjon underveis i forbikjøringen hvor man har kommet så langt at det ikke er mulig å angre (Harwood, *et al.*, 2008). Veters og Jaehrig (2015) beskriver den kritiske posisjonen som når fronten til det aktive kjøretøyet er på linje med bakenden til det passive kjøretøyet. De antar også at det aktive og møtende kjøretøyet kun kan stoppe hvis det er stoppsikt tilgjengelig. Hvis denne avstanden ikke er tilgjengelig, må det heltrukken linje til på vegen. Bakgrunnen for dette er at man skal kunne fullføre forbikjøringen trygt eller avbryte hvis et kjøretøy blir synlig i

motgående kjørefelt. Når det skjer, er det forventet at forbikjøringssikten er basert på nødvendig avstand for å ferdigstille forbikjøringen hvis det aktive kjøretøyet har nådd det kritiske punktet i forbikjøringen.

Foss og Kummeneje (2015) konkluderer i sin rapport med at den tyske modellen er den beste om mest realistiske modellen på bakgrunn av følgende:

- Datainnsamlingen er unik, og den er av nyere dato (2013-2015)
- Den innsamlede dataen gir et godt grunnlag for en realistisk modell for beregning av forbikjøringssikt. Empirisk data målt under virkelige forhold er bedre enn en teoretisk modell.
- Det tas forbehold om at antakelsen om at tyske målinger ikke er annerledes enn for norske forhold stemmer.
- Litteratursøket på føreratferd gir ingen treff som indikerer at norske og tyske sjåførere er forskjellige. I forhold til modellen vil forskjellene først og fremst være knyttet til hvor raskt sjåføren akselererer og hvilken maksimal hastighet sjåføren velger i forhold til det passerte kjøretøyet.

## 5. Datainnsamling

Datainnsamling ble en viktig del av oppgaven siden resultatene fra datainnsamlingen har satt ramme for hvordan FORB-modellen er utformet og hva slags resultater det er ønskelig at modellen gir. Dette kapitlet gir innblikk i datainnsamlingen knyttet til både forbikjøringsforsøk og intervjuerunde.

### 5.1. Forbikjøringsforsøk

#### 5.1.1. Hensikt

Med innsamlet data fra forbikjøringer kan man med hjelp fra analysen av resultatene finne reelle tall knyttet til forbikjøring. Det er ønskelig at FORB-modellen skal gi mest mulig realistiske resultater, og det ble derfor planlagt for at FORB-modellen sine resultater skulle kontrolleres mot den innsamlede dataen fra forbikjøringsforsøkene. På denne måten har resultatene fra forsøket satt ramme for resultatene i FORB-modellen.

Hensikten med forbikjøringsforsøkene var å finne følgende parametere:

- Tid og avstand i motgående kjørefelt
- Interaksjon mellom kjøretøyene
- Hastigheten og akselerasjonen underveis i forbikjøringen
- Den totale forbikjøringslengden (Her er det viktig å skille mellom den designede lengden og den faktiske lengden bilen bruker til forbikjøring)
- Tilbakelagt distanse i forsøket

Ved å modellere en forbikjøring i FORB-modellen med samme inputdata som ble brukt i forsøket, kan resultatene sammenlignes med parameterne over fra forbikjøringsforsøket.

#### 5.1.2. Forsøksstrekning

I forkant av forsøkene ble det stilt krav til forsøksstrekningen for å sikre at den utvalgte strekningen var godt egnet til å gjennomføre forbikjøringsforsøk på. Det første kravet var at strekningen måtte være en tofeltsveg fordi FORB-modellen er begrenset til å gjelde forbikjøringer på tofeltsveger. Strekningen måtte også ligge i nærheten av Trondheim for at det ikke skulle gå med for mye tid til kjøring frem og tilbake til forsøksstrekningen. Bakgrunnen for dette kravet var at det var nødvendig å bruke av tiden til flere personer og nødvendig å organisere flere kjøretøy.

En strekning med lav ÅDT øker sjansene for mange og gode forbikjøringsmuligheter. Derfor var lav ÅDT på forsøksstrekningen et viktig krav. Få møtende kjøretøy gjorde det enklere å gjennomføre forsøkene etter oppsatt forsøksplan fordi lite trafikk gir rom for planlegging.

For å sikre trygge forbikjøringer under forsøkene var det viktig at forsøksstrekningen hadde gode siktforhold. God sikt gir sjåføren oversikt over møtende kjøretøy, og andre hindringer som kan være i vegbanen. Dette gir mulighet til å vurdere avstanden til møtende kjøretøy som avgjør om forbikjøringen er mulig å gjennomføre i den tilgjengelige tidsluken.

Det var ønskelig at forsøkene ble gjennomført på en flat strekning, og det ble derfor stilt krav til forsøksstrekningen om at den ikke skulle stige i terrenget. Forsøkene ble gjennomført på en strekning mest mulig representativ for de fleste forbikjøringstilfeller. Det er sjeldent det kjøres forbi i bratte bakker eller på veger hvor stigning fører til dårlig sikt.

For å gjennomføre forsøkene så effektivt som mulig ble det planlagt at datainnsamlingen skulle foregå i begge retninger på strekningen. Derfor var det viktig at forsøksstrekningen hadde gode snuplasser med ikke alt for stor avstand mellom seg, for å skape en effektiv datainnsamling. Det var viktig at snuplassene var store nok til at både en personbil og en lastebil hadde mulighet til å snu. For å gjennomføre forsøkene på en så trygg måte som mulig var det også viktig at sikten ut på vegen fra snuplassene var god.

Det siste kravet, som ble stilt til forsøksstrekningen, var at den måtte ha bar asfalt på forsøksstidspunktet. Når forsøksstrekningen ble valgt var det vanskelig å kontrollere at dette kravet var innfridd. Derfor ble dette kravet viktig å ta hensyn til ved valg av dato for gjennomføring. Grunnen til at det var ønskelig med bar asfalt var for å sikre mest mulig realistiske data. Med andre kjøreforhold enn bar veg er sjåføren mer forsiktig og den innsamlede dataen blir preget av forholdene på vegen den dagen.

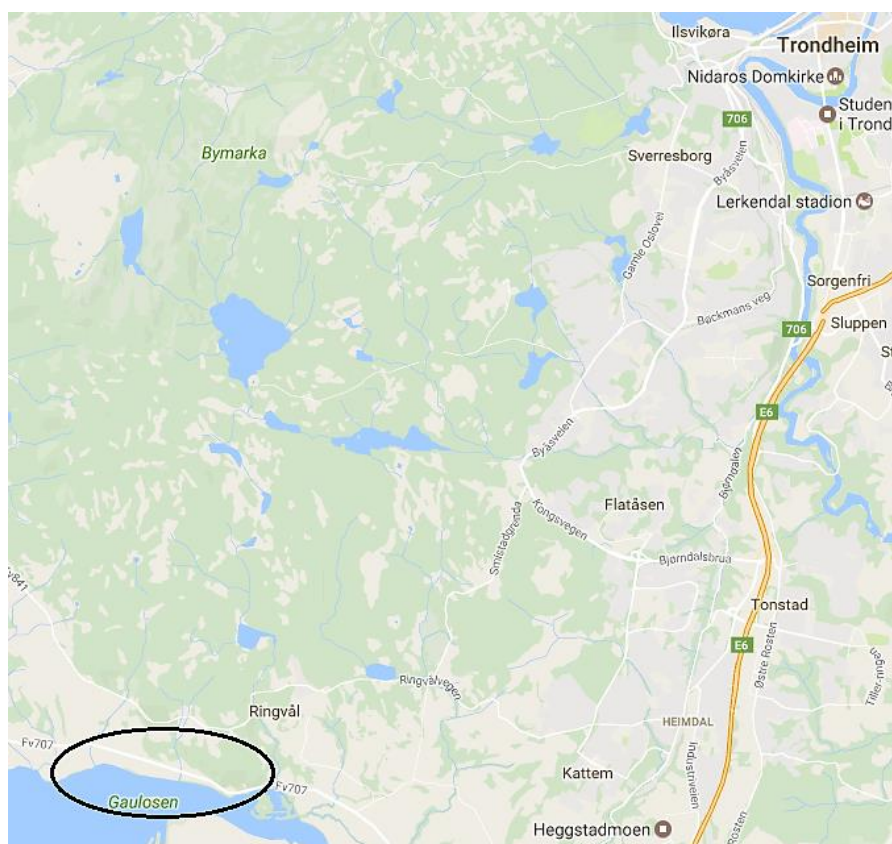
Strekningen som oppfyller alle kravene og som ble benyttet til datainnsamling var en 1,3 km lang strekning på Fv707 på Byneset i Trondheim. Vegen er utformet som en tofeltsveg med god sikt og gode forbikjøringsmuligheter. Den er oppmerket med kjørefeltlinje mellom kjørefeltene og med kjørefeltlinje/varsellinje i tilhørende kurver. Fakta om forsøksstrekningen er oppsummert i Tabell 3.

Tabell 3: Informasjon om forsøksstrekningen (Statens vegvesen)

<b>Fv707</b>	
Reisevei Trondheim - forsøksstrekning	18,8 km / 24 min
ÅDT	3000
Andel lange kjøretøy	7 %
Bredde på kjørebanelen	6,1 m
Siktavstand	1,3 km lang rett strekning. Sikten strekker seg lengre.
Fartsgrense	80 km/t

Forsøksstrekningen er en relativt normal tofeltsveg. Dataen i Tabell 3 er hentet fra vegkart (Statens vegvesen). Tallene for trafikkmengden er fra 2016. Blant vegbredder var det mulig å velge flere alternativer, men i Tabell 3 er det kjørebanelbredde som er oppgitt. Denne vegen er bred nok til å få oppmerket midtlinje. Denne bredden ble registrert i 2002.

Forsøksstrekningen er markert på kartet i Figur 20. Kartet illustrerer også at strekningen ligger en kort kjøretur fra Trondheim sentrum.



Figur 20: Oversiktsbilde av forsøksstrekningens beliggenhet i forhold til Trondheim sentrum (Google Maps)

Et mer detaljert oversiktsbilde av strekningen er vist i Figur 21. Snuplassene er markert på kartet. Snuplassene var store, og egnet seg også for lastebil. Dette var et av kravene.



Figur 21: Detaljert oversiktsbilde av forsøksstrekningen med snuplasser (Google Maps)

### 5.1.3. Planlegging, forsøksdesign og gjennomføring

For å få samlet inn et så stort datagrunnlag som mulig ble det besluttet å gjennomføre iscenesatte forsøk. Det var ønskelig at datainnsamlingen ble gjennomført på en slik måte at resultatene fra analysen av forbikjøringsforsøkene gjelder for flere tilfeller enn akkurat de som ble testet ut. Forsøkene var planlagt på en slik måte at hastighet, akselerasjon og gjennomføring er mest mulig lik en hvilken som helst forbikjøring. Denne metoden ble valgt fordi oppgavens tidsramme gjorde det vanskelig å samle inn data fra faktiske forbikjøringer ved hjelp av for eksempel video. Hvis datainnsamlingen skulle foregått ved hjelp av videoopptak, ville oppgaven vært avhengig av å finne en tofeltsveg hvor forbikjøringene utføres på samme sted.

Forbikjøringsforsøkene ble gjennomført 22. mars 2017 mellom klokken 11:45 og 13:00 på Fv707 på Byneset i Trondheim i Norge. Gjennomføringen av forsøkene ble utsatt flere ganger på grunn av for mye snø på vegene. Værforholdene på forsøksdagen var dessverre ikke som ønsket. Det var ikke lenger vinterforhold på vegen, men på grunn av regn var vegbanen våt. På grunn av plussgrader var det ingen fare for at vannet skulle fryse på vegen og forsøkene ble derfor gjennomført. Hastigheter og andre retningslinjer ble gjennomført i henhold til planen.

De iscenesatte forsøkene ble utført med to personbiler og en lastebil, hvor det hele tiden var to og to kjøretøy som forholdt seg til hverandre. Forsøkene ble gjennomført med fokus på tre forskjellige scenarier. Scenariene er beskrevet i Tabell 4.



Tabell 4: Tre forskjellige scenarier i forbikjøringsforsøkene

Scenario	Involverte kjøretøy
1	Personbil passerer personbil
2	Personbil passerer lastebil
3	Lastebil passerer personbil

Gjennom hele forsøket var det jevnlig kommunikasjon mellom sjåførene og utstyret. Sjåførene snakket til videokameraet i kjøretøyet og informerte om når forbikjøringen startet, når kjøretøyene var side om side, og når forbikjøringen sluttet. Det var observatøren som hadde ansvaret for å kontrollere at utstyret fungerte som tiltenkt. Dette ble gjort ved å kontrollere at videokameraene filmet og at GPSene registrerte med jevne mellomrom underveis.

Det ble planlagt og tilrettelagt for at de to involverte kjøretøyene skulle kjøre etter hverandre på forsøksstrekningen og at det skulle gjennomføres en forsinket forbikjøring i hver retning. Dette var med forbehold om at det var tilgjengelig tidsluke i motgående felt.

Kjøretøyene brukte snuplassene til å skifte plassering som gjorde at det aktive kjøretøyet kunne forbli det aktive kjøretøyet gjennom alle forsøkene, uavhengig av hvilken retning forsøket ble gjennomført. Det første forsøket startet på rasteplassen like ved *Sundet* som er markert på Figur 21. Forsøk 2 startet ved en stor, privat innkjørsel på strekningen som også er markert på Figur 21. Forsøkene fortsatte i dette mønsteret. Det var til sammen planlagt 16 forsøk hvor hastigheter og atferd skulle variere og skille forsøkene fra hverandre.

#### 5.1.4. Forsøksplan

Det ble nødvendig å gjøre noen endringer underveis. Derfor er forsøksplanen endret noe fra den opprinnelige planen som var laget før gjennomføringen. Møtende trafikk er en faktor som ikke kan kontrolleres. Det ene forsøket ble forhindret av for mye møtende trafikk med for korte tidsluker mellom de møtende kjøretøyene. Tabell 7 viser en oversikt over start- og sluttposisjon for forsøkene etter endringen. Endringen ga mulighet til å utvide forsøksplanen med ett forsøk fordi kjøretøyene skulle ende opp på rasteplassen. Forsøksplanen ble derfor utvidet til 17 forsøk.

En annen endring som ble nødvendig å gjøre, var å bytte om rekkefølgen på forsøk 11 og 12. Årsaken til endringen var at den ene kjøreretningen hadde mer sporslitasje enn den andre og sjåføren av lastebilen var mer komfortabel med å holde høye hastigheter i retningen med minst sporslitasje. Grunnen til at sporslitasjen påvirket forsøk 11 og 12 var på grunn av planlagt

hastighet for disse to forsøkene. Endringen av rekkefølgen kom av at regnvannet samlet seg i hjulsporene og det ble fare for vannplaning. Forsøk 11, hvor lastebilen skulle holde 80 km/t ble endret til å bli forsøk 12. Forsøk 12, hvor lastebilen skulle holde 70 km/t ble endret til å bli forsøk 11. Det var viktig å være åpen for endringer underveis slik at ingen deltakere skulle føle at de ble utsatt for risiko ved å delta i forsøket.

Utstyret som ble benyttet i gjennomføringen av forsøkene var:

- 2 personbiler
- 1 lastebil
- 2 sjåfører
- 1 observatør
- 6 GPS (Type: Garmin GPSMAP 60CSx).  
Disse er navngitt etter nummer: 1,2,3,4,5,6
- 3 videokamera (Type: Garmin VIRB X|XE).  
Disse er navngitt med bokstavene: L, B, S
- Ladekabel til videokamera og eksternt batteri
- Gaffateip
- Håndbok til videokamera
- Håndbok til GPS



Figur 22: Oppsett av GPS



Figur 23: Oppsett av videokamera og GPS

I forkant av forsøksdagen ble alt utstyr testet og innstillingene kontrollert for å unngå overraskelser underveis. Minnekortet til videokameraene og GPS ene ble tømt, og det ble sørget for at batteriet til alle enhetene var fulladet.

Hvert kjøretøy ble utstyrt med to Garmin GPSer og minimum ett Garmin videokamera. Begge GPSene ble montert i frontruta på bilen mens videokameraene sin plassering varierte. Gaffateipen ble brukt til å teipe fast det eksterne batteriet under videokameraet. Tabell 5 viser fordelingen av GPSene og videokameraene.

Tabell 5: Fordeling av utstyr mellom kjøretøyene

Scenario	Lastebil	Personbil 1	Personbil 2
1		GPS: 3 og 4 Videokamera: S foran og L bak.	GPS: 5 og 6 Videokamera: B
2	GPS: 1 og 2 Videokamera: S foran		GPS: 5 og 6 Videokamera: B foran og L bak.
3	GPS: 1 og 2 Videokamera: S foran		GPS: 5 og 6 Videokamera: B foran og L bak.

Kjøretøyene som ble brukt i forsøkene var:

- Personbil 1 = Mercedes-Benz Vito, varebil med registreringsår 2013
- Personbil 2 = Volvo V70, personbil med registreringsår 2005
- Lastebil = Mercedes-Benz Actros, lastebil med registreringsår 2016

De tre kjøretøyene som deltok i forbikjøringsforsøkene sine egenskaper er oppsummert i Tabell 6.

Tabell 6: Kjøretøyenes egenskaper (Statens vegvesen)

Egenskap	Volvo V70	Mercedes-Benz Vito	Mercedes-Benz Actros
Lengde	4,7 m	5,0 m	10,0 m
Bredde	1,8 m	1,9 m	2,6 m
Vekt	1512 kg	1830 kg	10780 kg
Vekt med fører	1587 kg	1905 kg	10855 kg
Drivstoff	Bensin	Diesel	Diesel
Motoreffekt	103 kW	120 kW	240 kW
Topp hastighet	200 km/t	174 km/t	90 km/t

Det ble til sammen gjennomført 17 forsøk, fordelt på tre forskjellige scenarier. Tabell 7 viser en oversikt over forsøksinndelingen. Det er denne forsøksplanen som ble fulgt 22.mars.

Atferden til sjåførene av aktivt og passivt kjøretøy varierte mellom to ulike opptredener, uavhengig hvem som var fører av personbil eller lastebil.

Aktivt kjøretøy varierte mellom atferd A og B:

A: «Det aktive kjøretøyet akselererer opp i hastighet til bilene er side ved side. Etter dette holdes jevn hastighet».

B: «Det aktive kjøretøyet fullfører forbikjøringen så fort som mulig og akselererer opp til maksimal tillatt hastighet».

Passivt kjøretøy varierte mellom atferd C og D:

C: «Det passive kjøretøyet holder konstant hastighet».

D: «Det passive kjøretøyet hjelper til under forbikjøringen og reduserer hastigheten litt når bilene er side om side».

Retningen i Tabell 7 indikerer om forsøket startet på rasteplassen eller på gårdsplassen. Rasteplass mot gårdsplass er vest, og gårdsplass mot rasteplass er øst. Begge de involverte kjøretøyene begynte og sluttet forsøket i samme posisjon. Forbikjøringen ble gjennomført mellom de to posisjonene.

Tabell 7: Forsøksplan

Scenario	Forsøk Nr.	Hastighet aktivt kjøretøy [km/t]	Hastighet passivt kjøretøy [km/t]	Atferd til aktivt kjøretøy	Atferd til passivt kjøretøy	Retning
1	1	80	60	A	C	Vest
	2	80	60	A	D	Øst
	3	90	60	B	C	Vest
	4	90	80	A	C	Øst
	5	90	80	A	D	Vest
	6	90	70	A	C	Øst
	7	90	70	B	D	Vest
	8	70	60	A	C	Øst
2	9	80	60	A	C	Vest
	10	80	60	B	D	Øst
	11	90	70	B	C	Øst
	12	90	80	A	D	Vest
3	13	70	60	A	D	Øst
	14	80	60	B	C	Vest
	15	70	50	B	C	Øst
	16	70	50	A	C	Vest
	17	80	60	A	C	Øst

### 5.1.5. Databehandling

For at den innsamlede dataen skulle få en nytteverdi var det nødvendig å strukturere og analysere den innsamlede rådataen. Siden dataen ble benyttet i utviklingen av FORB-modellen er det viktig at dataen er analysert med fokus på å finne relevante input- og outputdata for denne.

Garmin-videoene ble behandlet i *VIRB Edit*. Hvis det var noe som skulle endres eller justeres på i filmene, ble det gjort i *VIRB Edit*. GPS-dataen ble behandlet i programmet *BaseCamp*. Dataen ble kopiert over til *Excel* manuelt etter hvert som den ble systematisert i *BaseCamp*. Videre ble *Excel* brukt til utregninger og til å analysere dataen.

Rådataen fra GPSene var:

- Tid [sek]
- Retning [° (grader)]
- Hastighet [km/t]
- x- og y - koordinater som beskriver plassering med UTM.

Rådataen fra Garmin-videoene var:

- Tid [sek]
- Hastighet [km/t]
- Retning [°]
- Høyde [moh.]
- Muntlige kommentarer underveis gjort av sjåførene
- Observasjoner underveis gjort av observatøren

Videoen var spesielt viktig for å definere start- og slutt punkt til forsøkene og for å finne start- og sluttid til forbikjøringen. På filmen var det også mulighet for å se når det aktive kjøretøyet var side om side med det passive kjøretøyet. Denne informasjonen gjorde det mulig å skille ut den interessante dataen fra resten.

Video-dataen ble brukt til å definere start- og slutt punkt for hvert forsøk basert på hvor kjøretøyene befant seg på strekningen. På grunn av dette er ikke tilbakelagt distanse nødvendigvis null ved start fordi «forbikjøringsforsøket» regnes som lengre enn selve forbikjøringen. Det var interessant å se resultatene fra datainnsamlingen før og etter forbikjøring fordi akselerasjonsutviklingen og hastighetsutviklingen ofte startet før kjøretøyet krysset midtlinjen. Med denne dataen tilgjengelig i resultatet kunne man få innblikk i om

kjøretøyet startet akselerasjonen i høyre kjørefelt eller først når forbikjøringen startet. Når selve forbikjøringen begynte og sluttet (i forhold til kryssing av midtlinje), kom tydelig frem fra kameraene som var montert foran og bak i det passive kjøretøyet.

Ut fra video-dataen ble det bestemt når kjøretøyene nådde side om side. Tiden kjøretøyene er side om side burde være den samme for GPS- og Video-data, men det er ikke tilfellet her. GPS henger ofte ett sekund bak i registreringen og forsøker å jevne ut fartsprofilen. Det betyr at GPSen kan registrere en hastighet når kjøretøyet har stoppet for så å registrere at kjøretøyet står stille ved neste sekund. I dataen fra video kan man observere når kjøretøyet stopper. Usikkerheten i registreringen gjør det vanskelig å kombinere resultatene fra GPS og data.

For å tolke hvordan kjøretøyene lå plassert i forhold til hverandre var x- og y-koordinatene interessante å se på. Med disse kan man beregne hvor stor avstand det er mellom bilene til enhver tid. I Excel ble rådataen analysert for å beregne:

- Avstand mellom kjøretøyene [m]
- Akselerasjon [ $m/s^2$ ]

I dataanalysen ble forskjellige kriterier brukt for å avgjøre om den innsamlede GPS-dataen fra de to GPS-ene i samme bil hadde store forskjeller eller ikke. Hastighet, retning, x-koordinater og y-koordinater ble sammenlignet. Kriteria i sammenligningen er vist i Tabell 8. Resultatene fra analysen er vist i digitalt vedlegg 5.

Tabell 8: Kriteria som brukes i sammenligningen av data

Sammenligningsgrunnlag	Kriterium	Benevning
Delta hastighet *	$\pm 2$	[km/t]
Delta retning	$\pm 1$	[°]
Delta x	$\pm 15$	[m]
Delta y	$\pm 15$	[m]

\* Denne verdien kan variere mer til noen tider i forsøket. Når det aktive kjøretøyet akselererer, er det større sjanse for at GPS-en ikke får med seg den nøyaktige hastigheten i det sekundet den måler fordi hastigheten endrer seg så raskt. Derimot, når bilen ikke akselererer, har konstant hastighet, bør det være mindre variasjoner i hastigheten per sekund. Denne bør derfor vurderes manuelt i tillegg.

Hvis resultatene ikke har store forskjeller, er det bestemt at GPS 1, 3 og 5 skal representere de to personbilene og lastebilen. Til å begynne med er sammenhengen mellom GPS 1 og 2, 3 og 4, og GPS 5 og 6 studert. De største forskjellene i dataen ble samlet inn når bilene sto stille eller beveget seg i lav hastighet. Spesielt retningsdataen lot seg påvirke. Dataen som tilhører de faktiske forbikjøringene og forsøkene generelt fra start til slutt stemte godt overens, og siden det er denne dataen som er viktig ble det gått videre med kun en av GPS-ene fra hvert kjøretøy.

Videre er den innsamlede dataen for GPS 1, 3 og 5 analysert. Analysen ble delt inn i de tre forskjellige scenariene forsøkene er gjennomført i. Dette ga tre separate analyser. Akselerasjonsutviklingen til bilene ble studert sammen med avstanden mellom kjøretøyene. Den mest oversiktlige måten å vurdere og analysere dataen på er illustrativt. Derfor blir grafer presentert som en del av resultatet.

#### 5.1.6. Resultater

Dette delkapittelet presenterer resultatene fra forbikjøringsforsøkene. Det er her valgt å presentere kun 4 forsøk (nr. 3, 6, 10 og 16) for å illustrere hvordan resultatene kan se ut. Det er interessant å se på forbikjøringstid og forbikjøringslengde. Interaksjonen mellom kjøretøyene er viktig, både hastigheten og akselerasjonen. Resultatene fra de tre forskjellige scenariene er ikke like. Resultatene fra hvert scenario presenteres under tilhørende overskrift. For de som er interessert i å se resultatene fra alle de 17 forsøkene, ligger disse vedlagt som digitalt vedlegg 6.

Grafene som illustrerer akselerasjonsutviklingen, illustrerer akselerasjonen i forhold til tilbakelagt distanse. I grafene tas det ikke hensyn til avstanden mellom kjøretøyene ved forbikjøringsstart. Derfor kan ikke tilbakelagt distanse leses som tilbakelagt distanse kun for aktivt kjøretøy.

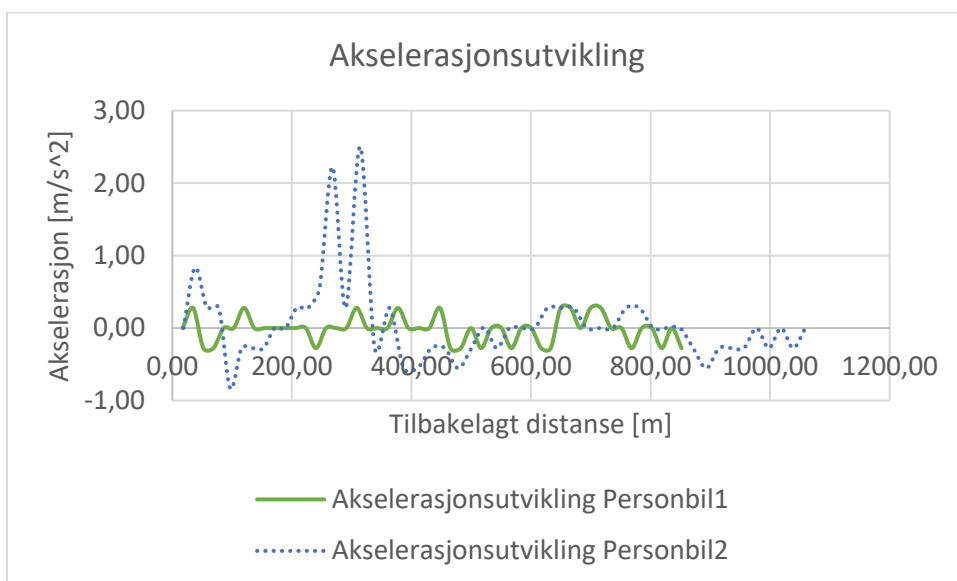
#### **Personbil 2 passerer Personbil 1**

Detaljert informasjon om forsøk 3 er vist i Tabell 9. Tabellen viser avstand og tid til det aktive kjøretøyet i fase 2 og 3. Det er i disse to fasene kjøretøyet befinner seg i motgående kjørefelt. Avstanden kjøretøyet tilbakelegger her utgjør forbikjøringslengden i forsøket. Dette gjelder også for Tabell 10, Tabell 11 og Tabell 12.

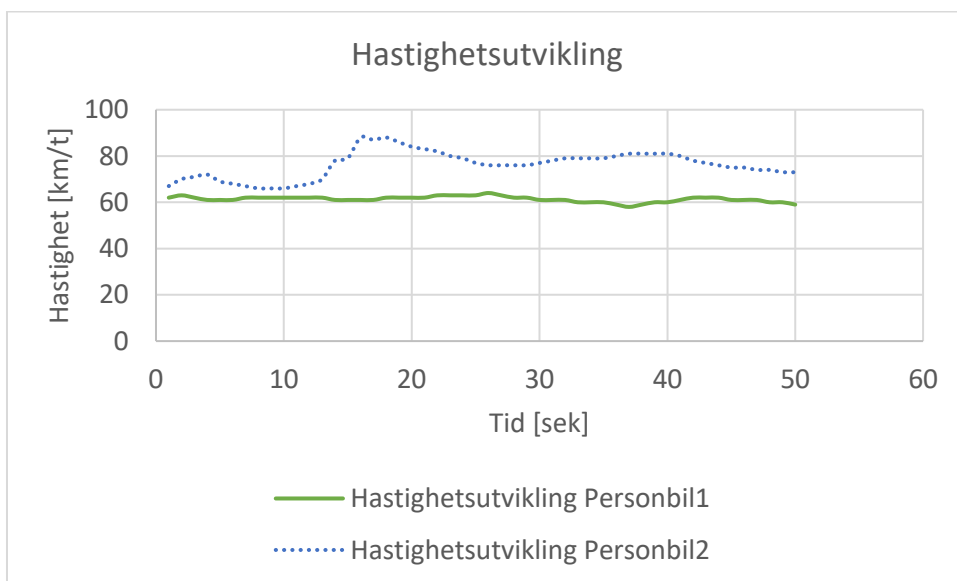
Tabell 9: Forsøksinformasjon om forsøk 3

<b>Forsøk 3</b>		
Forbikjøringsstart	Aktiv: 268 m	14 sek
Side om side	Aktiv: 363 m	18 sek
Forbikjøringslutt	Aktiv: 478 m	23 sek

I dette forsøket strekker fase 2 seg over 95 meter på 4 sekunder. Fase 3 strekker seg over 115 meter på 5 sekunder. Dette gir en total forbikjøringslengde lik 210 meter.



Figur 24: Akselerasjonsutviklingen i forsøk 3



Figur 25: Hastighetsutviklingen i forsøk 3



Detaljert informasjon om forsøk 6 er vist i Tabell 10.

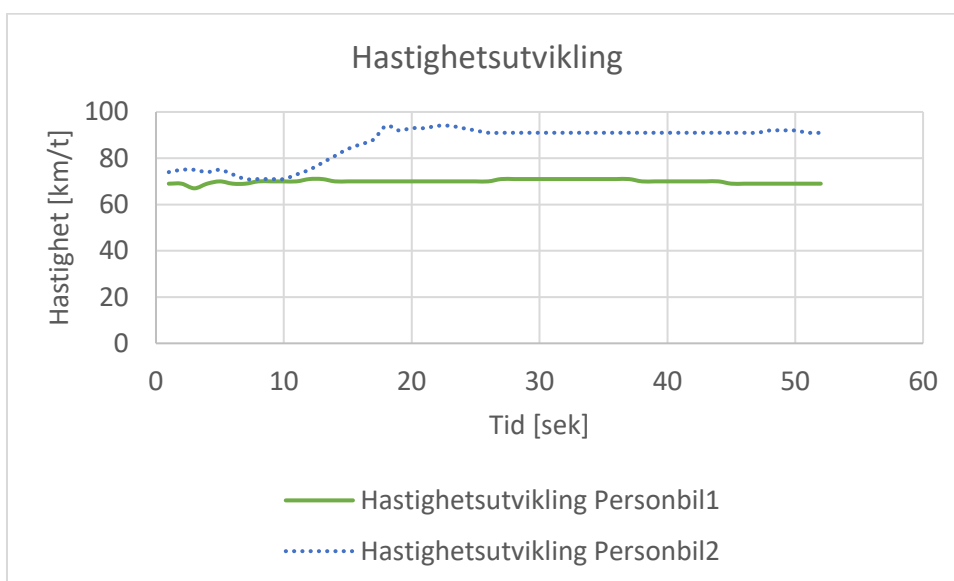
Tabell 10: Forsøksinformasjon om forsøk 6

<b>Forsøk 6</b>		
Forbikjøringsstart	Aktiv: 266 m	13 sek
Side om side	Aktiv: 360 m	17 sek
Forbikjøringslutt	Aktiv: 541 m	24 sek

I dette forsøket strekker fase 2 seg over 94 meter på 4 sekunder. Fase 3 strekker seg over 181 meter på 7 sekunder. Dette gir en total forbikjøringslengde lik 275 meter.



Figur 26: Akselerasjonsutviklingen i forsøk 6



Figur 27: Hastighetsutviklingen i forsøk 6

Sammenlignet med forsøk 3 ser man at det aktive kjøretøyet oppholder seg lengre i fase 3. I forsøk 3 kommer det møtende trafikk, noe som ikke er tilfellet i forsøk 6. Av den grunn har det aktive kjøretøyet mulighet til å oppholde seg lengre i motgående kjørefelt i forsøk 6. Dette kan være årsaken til at det aktive kjøretøyet bremses ned før forbikjøringslutt for å holde 90 km/t, som er ønsket hastighet i dette forsøket.

### Personbil passerer lastebil

Detaljert informasjon om forsøk 10 er vist i Tabell 11.

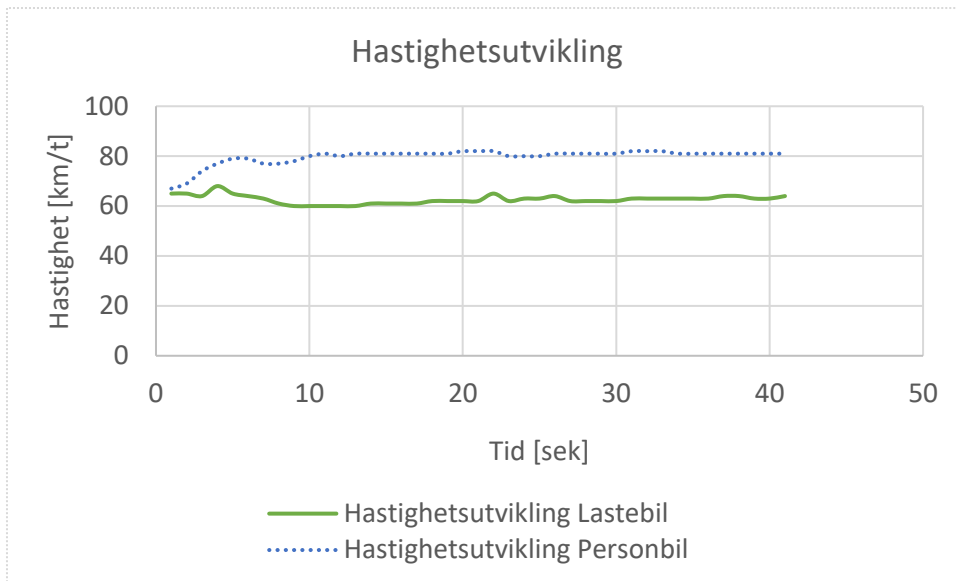
Tabell 11: Forsøksinformasjon om forsøk 10

Forsøk 10		
Forbikjøringsstart	Aktiv: 124	6 sek
Side om side	Aktiv: 255 m	12 sek
Forbikjøringslutt	Aktiv: 413 m	19 sek

I dette forsøket strekker fase 2 seg over 131 meter på 6 sekunder. Fase 3 strekker seg over 158 meter på 7 sekunder. Dette gir en total forbikjøringslengde lik 289 meter.



Figur 28: Akselerasjonsutviklingen i forsøk 10



Figur 29: Hastighetsutviklingen i forsøk 10

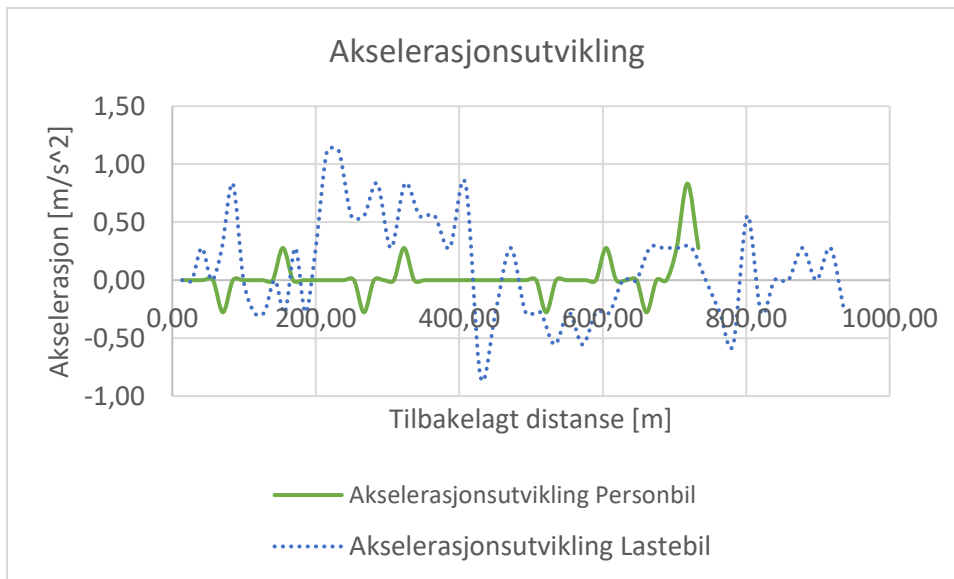
### Lastebil passerer personbil

Detaljert informasjon om forsøk 16 er vist i Tabell 12.

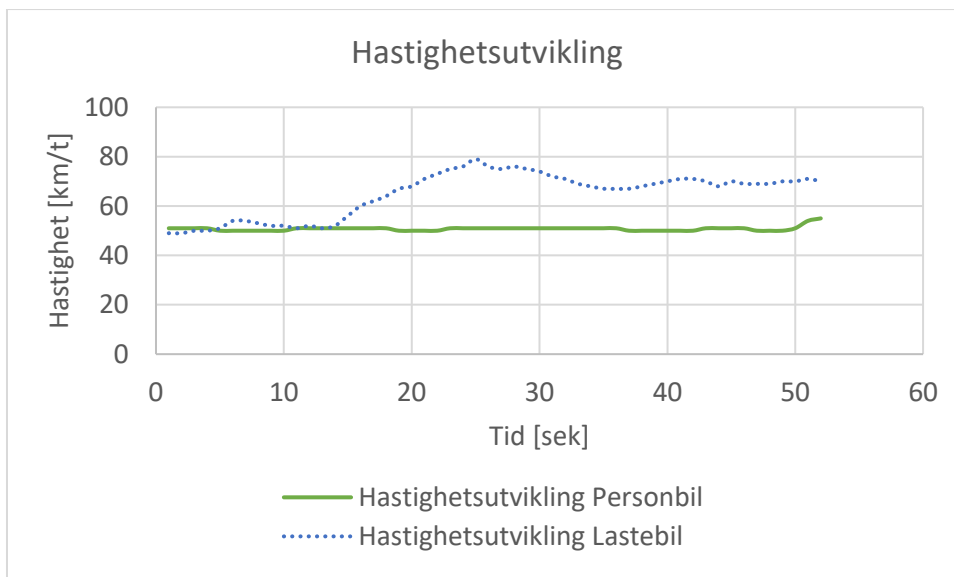
Tabell 12: Forsøksinformasjon om forsøk 16

Forsøk 16		
Forbikjøringsstart	Aktiv: 200 m	14 sek
Side om side	Aktiv: 286 m	19 sek
Forbikjøringslutt	Aktiv: 451 m	27 sek

I dette forsøket strekker fase 2 seg over 86 meter på 5 sekunder. Fase 3 strekker seg over 165 meter på 8 sekunder. Dette gir en total forbikjøringslengde lik 251 meter.



Figur 30: Akselerasjonsutviklingen i forsøk 16



Figur 31: Hastighetsutviklingen i forsøk 16

Lastebilen holder høy akselerasjon i en lengre periode enn personbilen gjør når den passerer. Det tar lengre tid for en lastebil å akselerere opp i hastighet enn for en personbil. Sammenligning av Figur 27, Figur 29 og Figur 31 viser at lastebilen akselererer fra start til slutt av forbikjøringen mens personbilen akselererer opp i ønsket hastighet og holder denne under forbikjøringen.

### 5.1.7. Analyse

Resultatene fra forbikjøringsforsøkene viser at personbilen holder høyere akselerasjon i forbikjøringen enn lastebilen gjør og at personbilen holder den høye akselerasjonen over en kortere avstand enn lastebilen holder den litt lavere akselerasjonen. Dette påvirker forbikjøringslengdene på grunn av forskjell i oppnådd hastighet under forbikjøringen. I tilfellet hvor personbil 2 passerer personbil 1 varierer forbikjøringslengden i de to presenterte forsøkene fordi hastighetene kjøretøyene holder underveis er forskjellige. Når forskjellen mellom hastigheten til det passive og det aktive kjøretøyet kun er 10 km/t, blir forbikjøringslengden lengre enn når hastighetsforskjellen nærmer seg 20 km/t. Det er naturlig fordi man behøver mindre tid på å passere det passive kjøretøyet hvis man kan holde mye høyere hastighet.

I tilfellet hvor lastebilen passerer personbilen er den samme utviklingen tydelig. Når lastebilen maksimalt kan holde 80 km/t underveis i forbikjøringen og passerer en personbil som holder 50 km/t, er forbikjøringslengden kortere enn når lastebilen passerer en personbil i 70 km/t.

I tilfeller hvor både det aktive og det passive kjøretøyet er personbiler blir ofte forbikjøringslengden lengre fordi hastighetsforskjellen mellom de to kjøretøyene er mindre enn i tilfeller der tunge kjøretøy eller saktegående kjøretøy er involvert.

Forsøkene generelt viser at en akselerasjon på  $1 \text{ m/s}^2$  er realistisk å oppnå. I noen av forsøkene er akselerasjonen nærmere 1,5 og  $2,5 \text{ m/s}^2$ .  $2,5 \text{ m/s}^2$  er høy akselerasjon og denne ble oppnådd i forsøk 3. I dette forsøket kom det motgående kjøretøy, og det aktive kjøretøyet ble nødt til å foreta en rask forbikjøring. Dette forsøket er av interesse fordi det kan antas å være mer virkelighetsnært med møtende trafikk. I tillegg vil et slikt forsøk representere forbikjøringer hvor tilgjengelig sikt til forbikjøring er mindre, og det å raskt komme forbi blir viktig.

Hastighetsutviklingen i de forskjellige forsøksscenarioene er relativt lik. Det aktive kjøretøyet tar igjen det passive kjøretøyet, og holder samme hastighet som det passive kjøretøyet i noen meter, før det aktive kjøretøyet akselererer og kjører forbi i høyere hastighet. Denne utviklingen skyldes at forsøkene var planlagt til å være forsinkede forbikjøringer. Figurene som illustrerer hastighetsutviklingen i de forskjellige forsøkene viser hvordan hastighetsforskjellen mellom bilene opprettholdes når forbikjøringen er slutt. Hastighetsforskjellen etter forbikjøring medfører at avstanden mellom bilene øker betraktelig.

#### 5.1.8. Svakheter og begrensninger

Kort oppsummert er svakhetene og begrensningene med denne typen datainnsamling:

- Samme sjåførene
- Samme kjøretøyene
- Lang forsøksstrekning
- Forstyrrelser fra motgående trafikk kan forekomme
- Resultatene er begrenset til å gjelde fase 2 og 3 i forbikjøringen
- Utstyrssvakheter
- Resultatet er lite reliabelt

Når alle forsøkene er gjennomført, med de samme sjåførene, er det ikke mulig å generalisere føreratferden ut fra resultatene. Forsøksdataen blir heller ikke representativ for alle typer kjøretøy når forsøkene er gjennomført uten variasjon i tilgjengelig motoreffekt og vekt. Kjøretøyene som blir brukt i forsøket er relativt normale kjøretøy med normal motoreffekt. Da verken føreratferden eller forbikjøringsdataen kan generaliseres, har ikke denne datainnsamlingen ytre validitet. Hvis oppgaven hadde hatt ubegrenset med tid, ville det vært hensiktsmessig å samle inn data fra faktiske forbikjøringer, og ikke iscenesatte forbikjøringer, for å få enda mer realistiske data.

Forbikjøringsforsøkene ble gjennomført på en 1,3 km lang strekning, hvor sikten strekker seg enda lengre. Akselerasjonen kan derfor representere forbikjøringer hvor sjåføren beregner god tid fordi det ikke kommer noen møtende kjøretøy. På grunn av dette blir ikke datainnsamlingen representativ for forbikjøringer som gjennomføres med kortere tilgjengelig sikt, noe som ofte er tilfellet.

I tillegg har forsøksstrekningen ingen stigning. Resultatene fra datainnsamlingen viser at lastebilen holder lavere akselerasjon enn personbilene. Ved forbikjøring i stigning vil trolig forskjellen i akselerasjon bli enda mer tydelig. Vekten på kjøretøyene har også mye å si for resultatet. Lastebilen som ble benyttet i datainnsamlingen var tom. Hvis lastebilen hadde vært fullastet, ville vekten av kjøretøyet vært helt annerledes, noe som ville påvirket akselerasjonsutviklingen til kjøretøyet og forbikjøringslengden.

Når forsøkene gjennomføres på en vegstrekning med motgående trafikk, kan det skje at motgående kjøretøy forstyrrer den planlagte forbikjøringen. Fordi det er umulig å kontrollere

den motgående trafikken, ble forsøk nummer 3, 8, 10, 13 og 16 preget av trafikken som kom imot. Forstyrrelsen i forsøket kan ha ført til flere ting:

- Det passive og det aktive kjøretøyet samarbeidet for å gjennomføre forbikjøringen, i form av at begge senket hastigheten på starten av forbikjøringsstrekningen for å ha igjen en lang strekning å gjøre forsøket på når motgående kjøretøy var forbi.
- Forbikjøringen ble gjennomført i høyere hastighet enn tiltenkt, for å rekke forbi før det kom motgående kjøretøy imot.
- Forbikjøringen ble gjennomført i lavere hastighet enn tiltenkt, fordi kjøretøyene ikke hadde nådd den planlagte hastigheten enda og forbikjøringen måtte skje så fort som mulig fordi det kom møtende kjøretøy imot.

Til tross for motgående kjøretøy ble det aldri aktuelt å avbryte forbikjøringen i noen av forsøkene. Data på reell retardasjon er derfor ikke samlet inn. Denne metoden samler heller ikke inn data for fase 1, 4 og 5 i forbikjøringen da dette krever koordinering med motgående kjøretøy. Forbikjøringsforsøkene gir sammenligningsgrunnlag kun for fase 2 og 3 i FORB-modellen.

Grunnen til at det er montert to GPS-er i hver bil er for å minske risikoen for feilkilder i datainnsamlingen. Med to datasett i stedet for ett er det muligheter for å analysere om det er store variasjoner i den innsamlede dataen. Helst skal dataen være så lik som mulig.

Bilene er utstyrt med både videokamera og GPS fordi video sikrer observasjonene på film sammen med sjåførens kommentarer underveis i forsøket, mens GPS-ene logger data. Forsøksstrekningen på Fv707 er i åpent terreng, og det er derfor ingen grunn til å tro at det skal være store unøyaktigheter i dataen på grunn av dårlig dekning. Likevel, utstyret er montert inne i bilene og dette kan skape dårligere dekning.

I resultatene kommer det frem at to forsøk som er gjennomført med like forutsetninger gir ulikt resultat, og resultatet er derfor lite reliabelt. Selv om kjøretøyene holder samme hastighet vil det ofte være noen km/t variasjon underveis. For å styrke påliteligheten til resultatet er det nødvendig å gjennomføre flere repetisjoner.

## 5.2. Dybdeintervju med et utvalg sjåførar

### 5.2.1. Hensikt

Hensikten med å gjennomføre intervjuer var å få innblikk i hvordan et utvalg av personer vurderer tid og avstand underveis i forbikjørings situasjonen. Der forsøksdataen kan finne reelle tall knyttet til forbikjøringer kan intervjuene gi innblikk i hvilke verdier sjåførene foretrekker å ha på de ulike parameterne. Resultatene fra intervjuene er benyttet til diskusjon, og har gitt innspill til parameterne i FORB-modellen.

Mer konkrete mål med intervjurunden var å få innblikk i hva folk anser som nødvendig sikkerhetsavstand til møtende kjøretøy, og hvor stor avstand de holder til kjøretøyet de ønsker å passere. Hvordan avstanden til det passive kjøretøyet varierer med andre faktorer var også av interesse å finne ut. Enkelte spørsmål hadde som hensikt å få innblikk i hvordan folk forholder seg til møtende trafikk. Vegrer sjåføren seg mer for å kjøre forbi hvis de ser et møtende kjøretøy? Det er mye psykologi knyttet til forbikjøringer, men dette går ikke denne oppgaven noe nærmere inn på.

### 5.2.2. Intervjuobjekter

De viktigste kvalitetene som ble etterspurt hos en deltaker var interessen for tema og ønske om å delta i intervjuet. Det var også viktig at deltakeren er sjåfør av en personbil og at han/hun foretar forbikjøringer på en tofeltsveg. Helst var det ønskelig at deltakeren gjennomfører forbikjøringer ofte og at vedkommende er bevisst på hvordan forbikjøringen forløper. Alder og erfaring var ikke like viktig som at deltakeren kjører forbi mye, men det var en fordel om ikke alle deltakerne var i samme aldersgruppe, for å ha mulighet til å sammenligne resultatene i forhold til alder og erfaring.

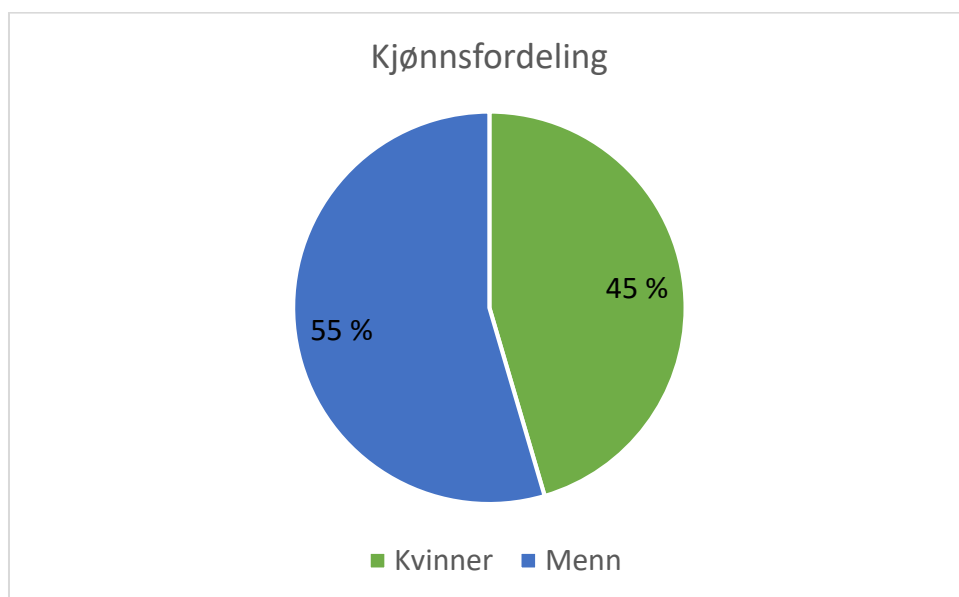
Det er kun kjønn og alder som er presentert om deltakerne for å anonymisere de. Informasjonen om deltakerne er vist i Tabell 13.



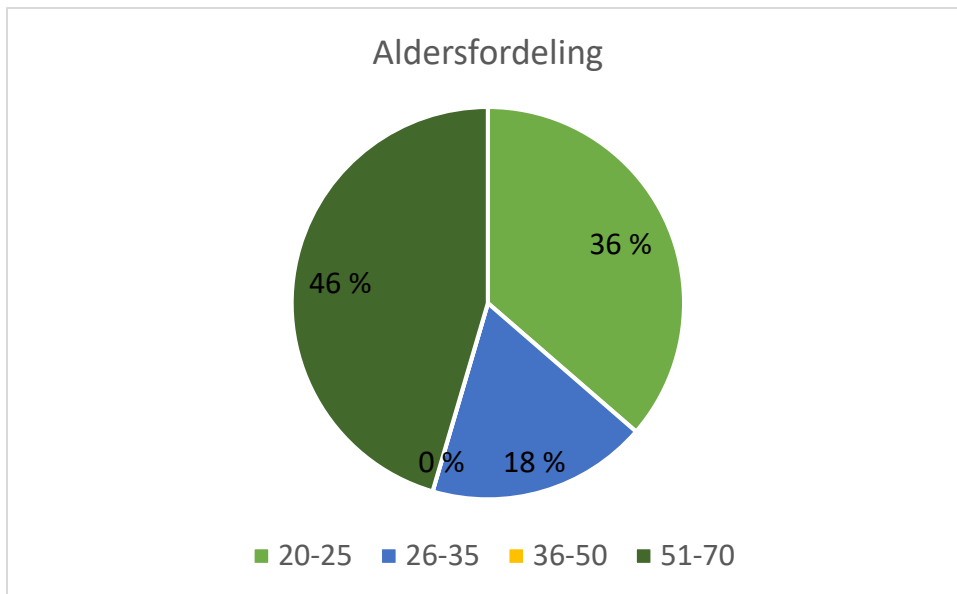
Tabell 13: Informasjon om intervjuobjektene

Intervjuobjekt nr.	Beskrivelse
1	Kvinne, 24 år
2	Mann, 25 år
3	Kvinne, 25 år
4	Kvinne, 63 år
5	Mann, 58 år
6	Mann, 25 år
7	Mann, 32 år
8	Mann, 61 år
9	Kvinne, 28 år
10	Kvinne, 51 år
11	Mann, 60 år

I Figur 32 og Figur 33 er oversikten over antall kvinner og menn og deres alder.



Figur 32: Kjønnfordelingen på intervjurunden



Figur 33: Aldersfordelingen på intervjurunden

### 5.2.3. Utforming og gjennomføring

Det ble planlagt å intervju 11 personer i intervjurunden knyttet til denne oppgaven. Hvert intervju skulle ta ca. 15 minutter. Intervjuene ble gjennomført i uke 14 og 16 i 2017.

I forkant av intervjuet ble det sendt ut mail til aktuelle deltakere med forespørsel om å intervju vedkommende. Hvis det skulle skje at noen takket nei til å bli intervjuet, skulle mailen sendes til en annen aktuell deltaker. Ingen deltakere takket nei. Mailen de fikk tilsendt inneholdt informasjon om at intervjuene anonymiseres, hvordan intervjuobjektet sin besvarelse blir brukt i masteroppgaven, tema for intervjuet, hvor lang tid det var beregnet til å ta, og en beskrivelse av hvilke kvaliteter som var etterspurt hos en deltaker. Det ble også informert om at det var ønskelig å gjøre lydopptak av intervjuet for å sikre et så godt sammendrag av intervjuet som mulig. I forkant av intervjurunden hadde alle deltakerne sagt ja til lydopptak og var innerforstått med at de ville få mulighet til å lese over sammendraget som ble skrevet ut fra lydopptaket.

Det ble brukt en intervjuguide underveis for å være sikker på å få stilt alle spørsmålene det i forkant var ønskelig å stille intervjuobjektene. Det var ønskelig å stille intervjuobjektene de samme spørsmålene for at det skulle bli enklere å sammenligne svarene til de forskjellige deltakerne i ettertid. I de tilfellene hvor intervjuobjektene ikke hadde noe klart forhold til tid og avstand ble det forsøkt å gi noen eksempler på tidsavstander og avstand i meter for at deltakerne skulle ha noe å forholde seg til. Det ble ikke nødvendig å gi eksempler til alle intervjuobjektene.

#### 5.2.4. Intervjuguide

Ved intervju er det anbefalt å bruke en intervjuguide som beskriver de spørsmålene det er ønskelig å stille intervjuobjektet (Olsson, 2015). Det ble derfor utformet en intervjuguide for å strukturere intervjuet. Intervjuguiden inneholdt konkrete spørsmål det var ønskelig å stille, og en figur som ble brukt til å forklare hva som var ment med forskjellige begreper som kunne være ukjent for deltakeren. Avslutningsvis i intervjuet ble to vurderinger tatt av deltakeren basert på et bilde som viste en trafikk situasjon. Det siste innslaget var med fordi det ofte gjør det enklere å sette seg inn i en situasjon når man får mulighet til å visualisere seg den. Intervjuguiden i sin helhet ligger vedlagt, se vedlegg 2.

#### 5.2.5. Databehandling

Etter intervjurundene har det blitt arbeidet med å transkribere den muntlige samtalen til et kortere sammendrag av samtalen. I sammendraget ble det fokusert på å få med viktige verdier for parametere som kunne brukes i modellen, og vurderinger. Eksempler på slike verdier er sikkerhetsavstand/-tid, avstand til passivt kjøretøy før forbikjøring og beskrivelse av vurderinger intervjuobjektet gjør før eventuell forbikjøring.

Hva vedkommende svarte og hvor konkrete svarene var varierte fra person til person som også kom frem i sammendragene. Intervjuspørsmålene var formulert på en slik måte at svarene i hovedsak ble konkrete, bortsett fra noen av svarene som behøvde mer refleksjon rundt egne avgjørelser og handlinger. Konkrete svar ble enklere å behandle i ettertid, og å sammenligne med parametere i både eksisterende modeller og FORB-modellen. De konkrete spørsmålene ble også enklere å lage statistikk ut fra, mens spørsmålene som ga individuelle svar ga mer innsikt i intervjuobjektets vurderinger, noe som benyttes til å bekrefte utsagn eller diskutere i oppgaven.

Når sammendragene var ferdig skrevet, fikk alle intervjuobjektene mulighet til å lese over sitt sammendrag for så å gi tilbakemelding på om de kjente seg igjen i teksten. Det ble valgt å gjøre det på denne måten for at vedkommende skal være sikker på at sammendraget gjenspeiler deres uttalelser og at forfatteren av sammendraget ikke har funnet opp uttalelser eller lagt til annen informasjon som ikke var med i intervjuet. Mulige misforståelser mellom intervjuer og intervjuobjekt blir identifisert her.

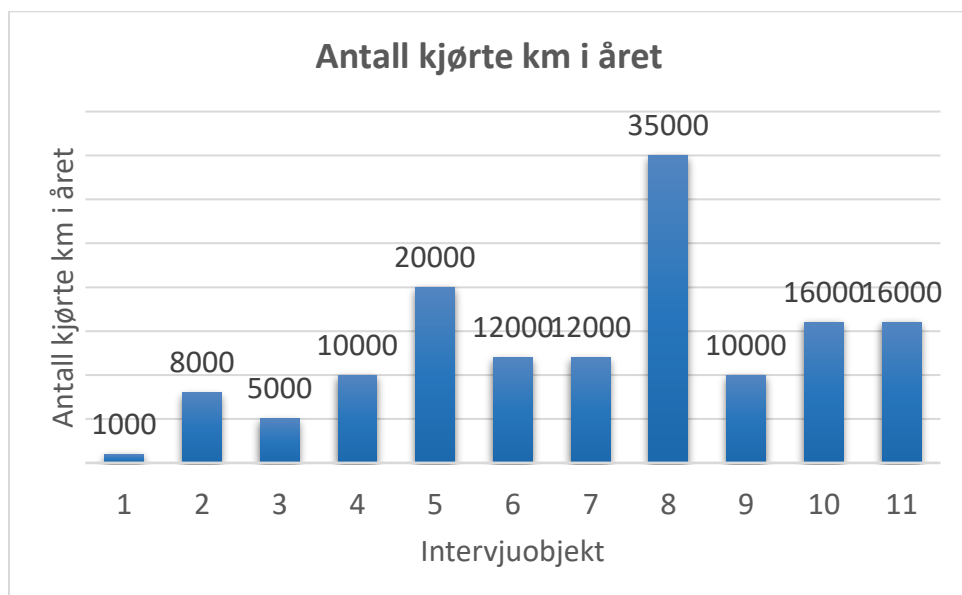
Med godkjennelse fra alle intervjuobjektene er sammendragene vedlagt oppgaven, og resultatene er brukt i FORB-modellen og i diskusjonen. Alle sammendragene fra intervjuene ligger vedlagt i vedlegg 3.

#### 5.2.6. Resultater

I intervjurunden ble det stilt mange konkrete spørsmål for at resultatene enkelt og oversiktlig skulle la seg fremstille grafisk. Det er kun de mest konkrete spørsmålene som blir illustrert i diagrammer. Diagrammene er laget på bakgrunn av sammendragene fra intervjurunden i vedlegg 3.

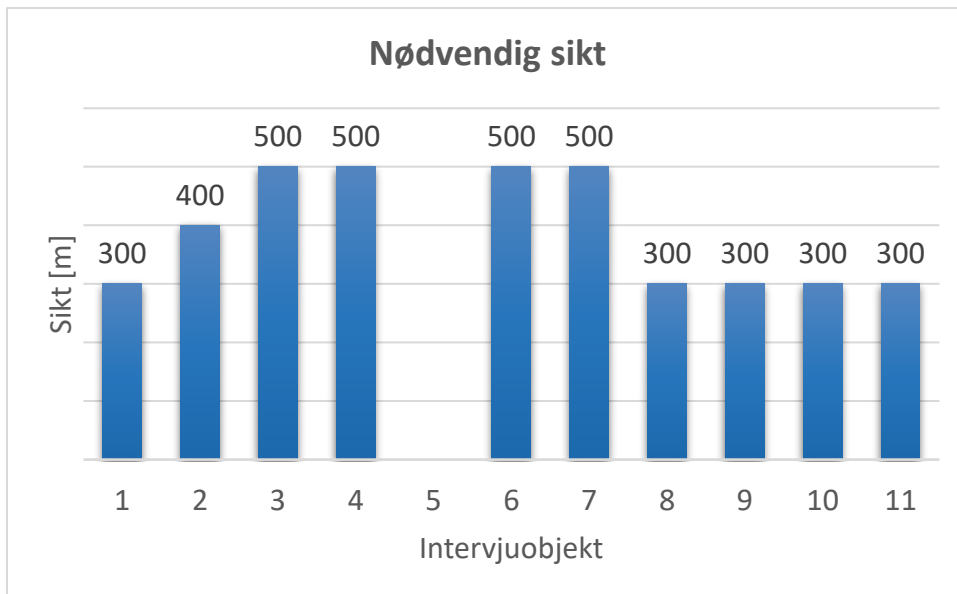
Når dataen er vist i diagrammer, er det enklere å sammenligne resultatene. Diagrammene viser svaret til hvert intervjuobjekt innenfor spørsmålet det illustrerer. I noen av diagrammene er resultatet fremstilt i sektordiagram, som gir inntrykk av hvor stor andel av intervjuobjektene som har svart hva.

Figur 34 illustrerer hvor mange kilometer hvert intervjuobjekt tilbakelegger i året. Hvor mange kilometer hver person tilbakelegger varierer, men som figuren viser er det flere av deltakerne som kjører mye bil i løpet av et år.



Figur 34: Antall kilometer intervjuobjektene tilbakelegger i året

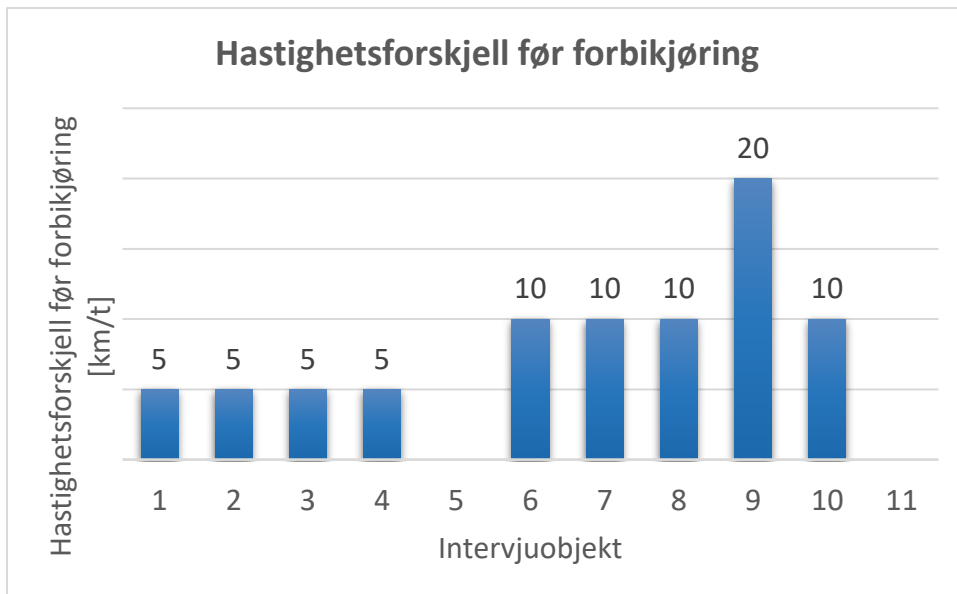
Figur 35 illustrerer hvor lang sikt hvert intervjuobjekt ønsker å ha i forkant av en forbikjøring. Som figuren viser er det en deltaker som ikke hadde noen formening om hvor mange meter sikt han foretrekker. Resultatet viser at 300 meter er et minimum for intervjuobjektene.



Figur 35: Hvor god sikt hvert intervjuobjekt ønsker i forkant av forbikjøring

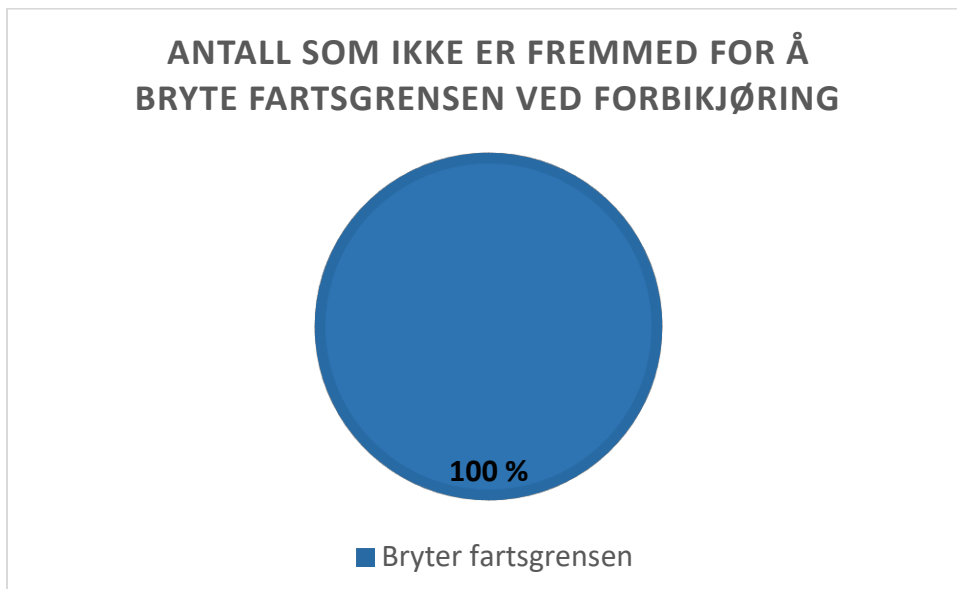
Figur 36 illustrerer hvor stor hastighetsforskjell det er mellom det passive kjøretøyet sin hastighet og intervjuobjektet sin ønskede hastighet for at vedkommende kjører forbi. På dette spørsmålet var det to deltakere som ikke hadde noen formening om hastighetsforskjellen. De fokuserte heller på hvordan deres kjøring ble påvirket av kjøretøyet foran, om de kunne holde jevn hastighet, eller om sjåføren foran kjørte hakkete. Så lenge de ikke føler ubehag ved å ligge bak kjøretøyet kjører de ikke forbi.

Blant intervjuobjektene som hadde en formening om hastighetsforskjellen som får de til å ønske å kjøre forbi er det like mange deltakere som sier 5 km/t som 10 km/t. En av personene trakk frem 20 km/t som hastighetsforskjell før forbikjøring, men det ble også uttrykt at under tidspress kunne det være 10 km/t som ble toleransegrensen til vedkommende.



Figur 36: Ved hvilken hastighetsforskjell intervjuobjektet velger å kjøre forbi

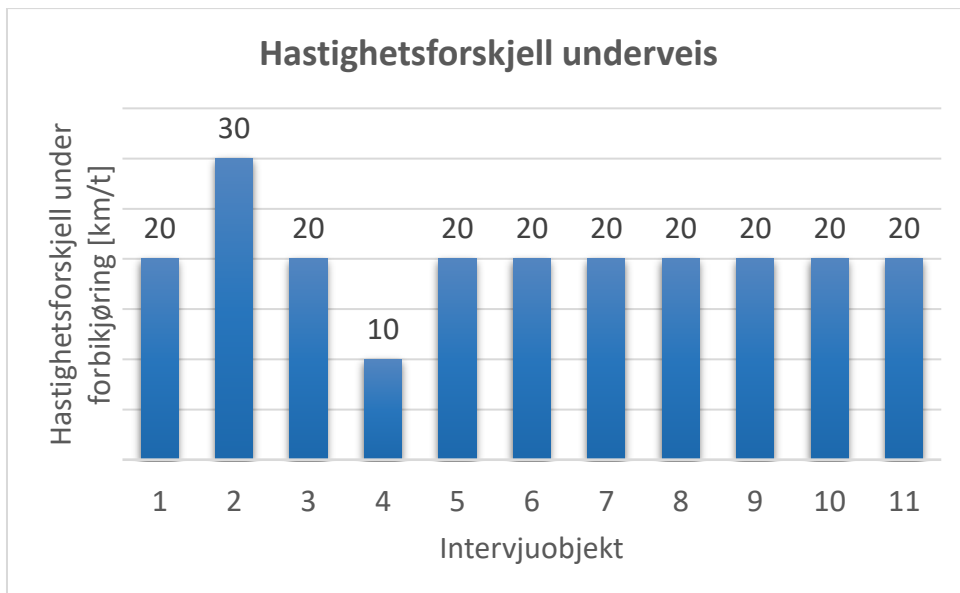
Figur 37 illustrerer hvor stor andel av intervjuobjektene som er villige til å bryte fartsgrensen under forbikjøring. Ikke alle deltakerne bryter fartsgrensen i hver forbikjøring de foretar seg. Hvor raskt intervjuobjektet må kjøre forbi, er en vurdering de tar i situasjonen, men alle deltakerne uttrykte at det å komme raskt forbi det passive kjøretøyet og oppholde seg kort tid i motgående kjørefelt er viktig for dem. Hvis det betyr at de må bryte fartsgrensen under forbikjøring, var det ingen deltakere som var fremmed for å gjøre det.



Figur 37: Antall intervjuobjekter som ikke er fremmed for å bryte fartsgrensen under forbikjøring

Figur 38 illustrerer hvor stor hastighetsforskjell det er mellom det passive kjøretøyet, og intervjuobjektet sitt kjøretøy underveis i forbikjøringen. Det ble spurt etter hastighetsforskjellen

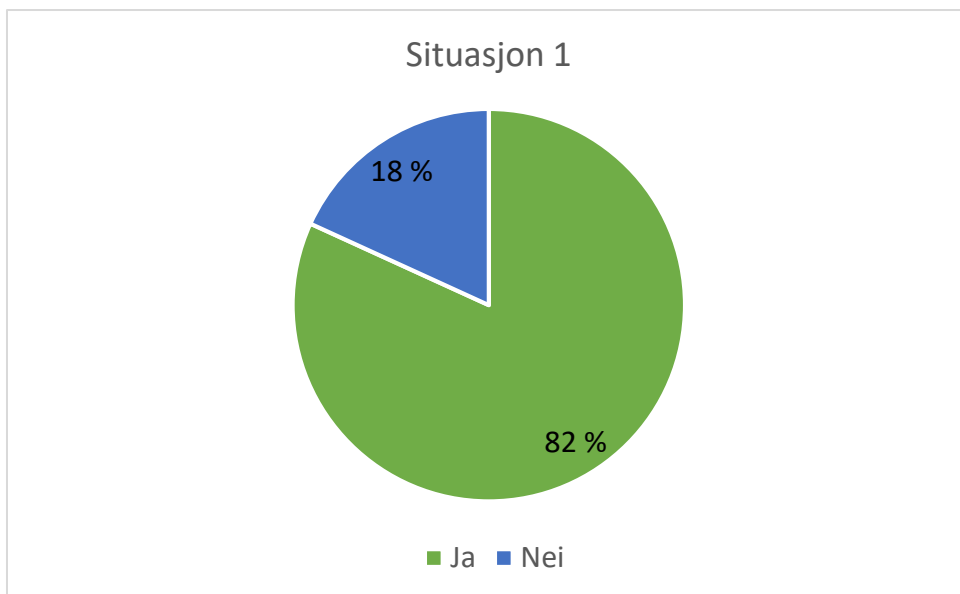
mellom kjøretøyene i posisjonen når de er side om side. Figuren viser at de fleste intervjuobjektene kjører 20 km/t raskere enn bilen de ønsker å passere. Kun to av intervjuobjektene har gitt annerledes svar. Intervjuobjekt 4 ønsker å passere i 10 km/t høyere hastighet. Fra Figur 35 så vi at samme intervjuobjekt ønsket 500 meter sikt. God sikt gjør det lettere å holde 10 km/t høyere hastighet og fremdeles komme trygt forbi det passive kjøretøyet.



Figur 38: Hvor stor hastighetsforskjell intervjuobjektene har underveis i forbikjøringen

I intervjuguiden var to av spørsmålene basert på en situasjonsbeskrivelse hvor intervjuobjektet skulle avgjøre om han/hun ville valgt å kjøre forbi, eller avvente i situasjonen. Figur 39 illustrerer resultatet fra situasjon 1. Situasjonen var: «Du befinner deg i følgende situasjon: Ingen biler i sikte og bilen foran kjører i 50 km/t. Du ønsker å holde en hastighet på 60 km/t som er fartsgrensen. Kjører du forbi?»

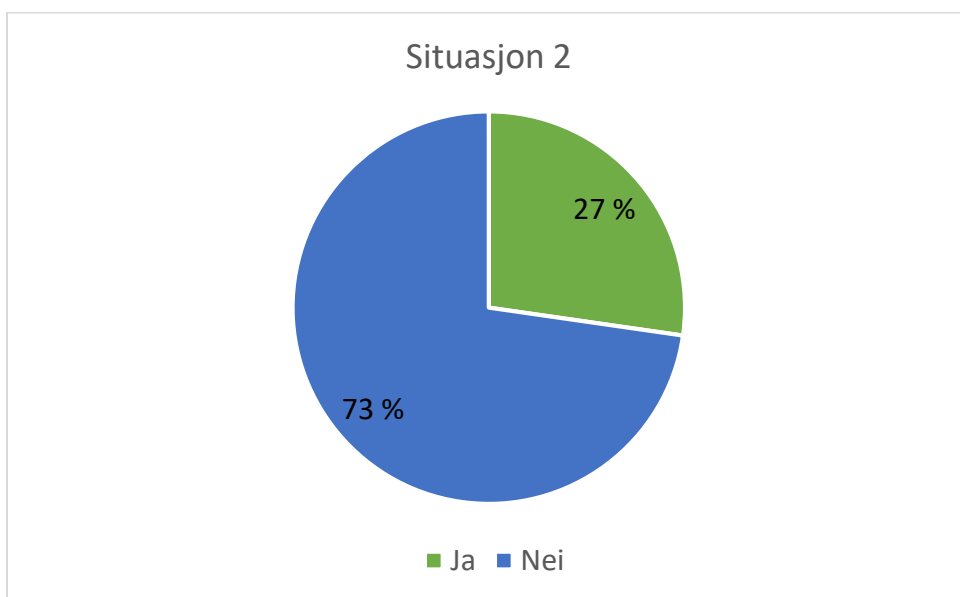
I situasjon 1 er det kun 2 av 11 som ikke ville kjørt forbi kjøretøyet foran. Denne prosentandelen kan stemme godt overens med resultatet fra Figur 36, som viser at ett intervjuobjekt ikke kjører forbi hvis hastighetsforskjellen er 10 km/t.



Figur 39: Antall intervjuobjekter som ville kjørt forbi i situasjon 1

Figur 40 illustrerer resultatet fra situasjon 2. Situasjonen var: «Du befinner deg i følgende situasjon: Ingen biler i sikte og bilen foran kjører i 50 km/t. Fartsgrensen er 60 km/t. Du skal ta av ved neste avkjøring som er 1 km unna. Kjører du forbi?».

I situasjon 2 er det derimot 8 av 11 som svarer at de ikke ville kjørt forbi kjøretøyet foran. Få av intervjuobjektene så nytten av å kjøre forbi i denne situasjonen, og valgte derfor å bli liggende bak kjøretøyet. Nyttene av forbikjøringen er viktig for flere av intervjuobjektene. Dette kom tydelig frem i intervjurunden.



Figur 40: Antall intervjuobjekter som ville kjørt forbi i situasjon 2



I tillegg til de allerede presenterte parameterne ble deltakerne spurt om avstanden de holder frem til passivt kjøretøy før forbikjøringen, og sikkerhetstiden de ønsker å ha til møtende kjøretøy etter forbikjøring. Denne avstanden kunne de om ønskelig uttrykke i meter. Disse tre parameterne ble uttrykt både i meter og sekunder, og resultatene er presentert i Tabell 14.

Tabell 14: Parametere som må vurderes individuelt

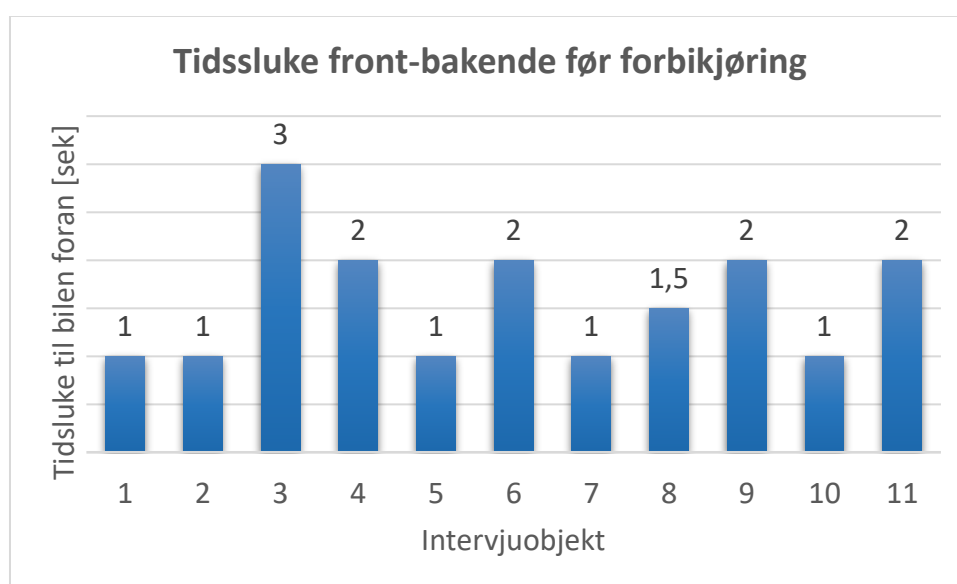
<b>Intervju-objekt</b>	<b>Avstand til passivt kjøretøy før forbikjøring</b>	<b>Sikkerhetstid til møtende kjøretøy</b>	<b>Sikkerhetsavstand til møtende kjøretøy</b>
1	5 m (i hvert fall nærme)	5 – 6 sek	200 – 250 m
2	2 - 3 billengder	5 sek (80 sone)	200 m minimum
3	3 sek	Mer enn 1,5 sek	400 m i 80 sone
4	30 – 50 m		100 m
5	1 sek		200 m er god tid
6	2 sek	5 sek	
7	10 m i 60 sone	3 sek	
8	30 m eller 1 – 2 sek		100 i 60 sone – 200 m i 80 sone
9	2 sek	lang	lang
10	1 sek, mindre enn 3 sek	Mer enn 3 sek	Ett par 100 m, helst ingen imot
11	Litt nærmere enn 3 sek	Lang, stressende hvis den er 1 sek	

Når svarene har forskjellige benevninger, er det vanskelig å illustrere de i diagrammer. Det er interessant å se hva disse verdiene tilsvarer hvis de omsettes til sekunder eller meter for å få et sammenligningsgrunnlag. Dette gjøres med forutsetningen om at forbikjøringen skjer i 80 km/t. Da kan man se hva som skjer med avstandene uttrykt i tid og meter. Resultatene er vist i Tabell 15.

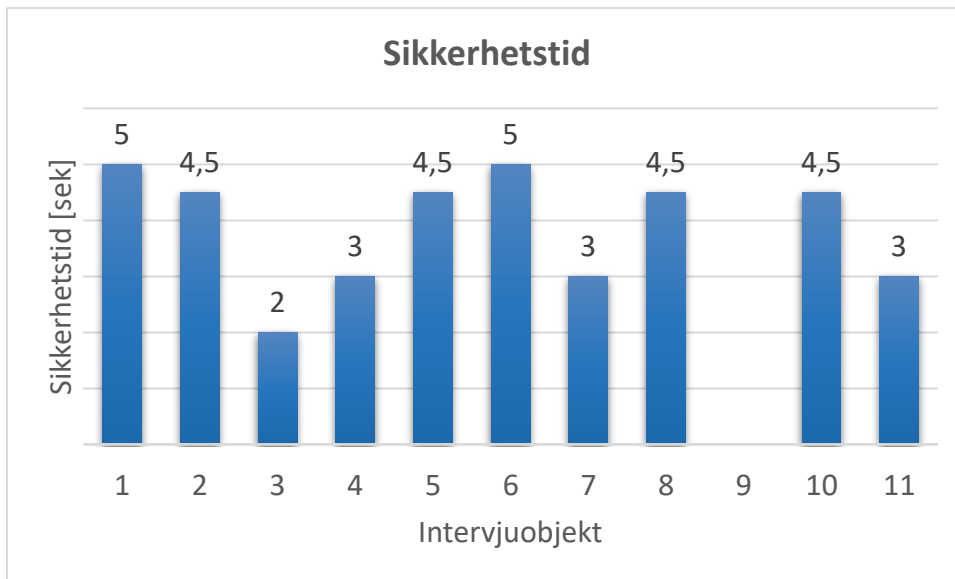
Tabell 15: Omregnede verdier for parameterne i tabell 14

Intervju-objekt	Avstand til passivt kjøretøy før forbikjøring [sek]	Avstand til passivt kjøretøy før forbikjøring [m]	Sikkerhetstid til møtende kjøretøy etter forbikjøring [sek]	Sikkerhetstid til møtende kjøretøy etter forbikjøring [m]
1	1 sek	22,2 m	5 – 6 sek	111 – 133 m
2	1 sek	22,2 m	4,5 sek	100 m
3	3 sek	66,7 m	> 1,5 sek	> 33 m
4	2 sek	44,4 m	3 sek	68 m
5	1 sek	22,2 m	4,5 sek	100 m
6	2 sek	44,4 m	5 sek	111 m
7	1 sek	22,2 m	3 sek	68 m
8	1,5 sek	33,3 m	4,5 sek	100 m
9	2 sek	44,4 m		
10	1 sek, < 3 sek	22,2 m, < 66,7 m	4,5 sek	100 m
11	2 sek	44,4 m	3 sek	68 m

Resultatene med benevning i sekunder er illustrert i Figur 41 og Figur 42. Det er valgt å illustrere resultatene med benevning i sekunder fordi FORB-modellen ønsker disse inputparameterne uttrykt i sekunder.



Figur 41: Tidssluke front-bakende før forbikjøring hos intervjuobjektene



Figur 42: Ønsket sikkerhetstid hos intervjuobjektene

En annen parameter som er vanskelig å definere er avgjørelsestiden, altså tiden sjåføren bruker i fase 1 av forbikjøringen. Det er kun 4 av intervjuobjektene som har uttalt seg om avgjørelsestiden. Intervjuobjekt 1, 4, 9 og 11. Ingen av dem gir en konkret verdi på parameteren, men tre av intervjuobjektene mener at avgjørelsestiden deres blir redusert hvis de havner bak et kjøretøy som holder lav hastighet. To av disse intervjuobjektene, nr. 1 og 11, trekker frem traktor som et eksempel på saktegående kjøretøy. Det tredje intervjuobjektet, nr. 4, mener hastighetsforskjellen mellom kjøretøyet foran sin hastighet, og vedkommende sin ønskede hastighet er avgjørende. Som resultatene over viser har intervjuobjekt 4 lav terskel for å kjøre forbi, og behøver kun 5 km/t hastighetsforskjell for å gjennomføre forbikjøringen. Selv uttrykker vedkommende i intervjuet «avgjørelsestiden blir kortere når det er større hastighetsforskjell mellom bilen foran og hastigheten jeg ønsker å holde». Det er kun intervjuobjekt 9 som mener at avgjørelsestiden er lik uavhengig av hastighetsforskjellen. For vedkommende er det viktig å ligge bak kjøretøyet først for å vurdere kjørestilen til sjåføren av det passive kjøretøyet og nytten av en eventuell forbikjøring.

### 5.2.7. Analyse

Resultatene fra intervjurunden er samlet inn med en annen metode enn forbikjøringsforsøkene og er basert på individuelle opplevelser av forbikjørings situasjonen. Dette fører til forskjellige svar fra intervjuobjektene.

For å se om det er noen sammenheng mellom resultatene og alder blant intervjuobjektene, er det bevisst valgt en deltakergruppe med variasjon i alder. Fra resultatene kan man se at de yngre deltakerne er mer utålmodige og kjører forbi så snart hastighetsforskjellen mellom kjøretøyet

foran og deltakerens ønskede hastighet er 5 km/t. Likevel er det kun en deltaker som uttaler at han kjører ofte forbi. De resterende deltakerne kjører forbi av og til, mens en kjører sjeldent forbi. Skjevheten i besvarelsene kan skyldes forskjeller i hvor ofte intervjuobjektene kjører på tofeltsveger.

Det er ingenting fra resultatene som tyder på at de unge sjåførene er mer uforsiktede enn de eldre. Under intervjurunden var alle intervjuobjektene nøye med å poengtere at de ikke tar noen sjanser og at de ikke er offensive sjåførere.

Resultatene fra intervjurunden illustrerer at deltakerne ikke tilbakelegger like mange kilometer i året. Tall fra Statistisk sentralbyrå viser at gjennomsnittlig kjørte kilometer i løpet av et år er mellom 11000 og 15000 km (Statistisk sentralbyrå). Tallene varierer med fylke, og Oslo har det høyeste tallet. Flertallet av intervjuobjektene kjører tilsvarende mange kilometer som Statistisk sentralbyrå har beregnet som gjennomsnitt i de forskjellige fylkene. Fra intervjurunden kom det tydelig frem at de som kjører mange kilometer i løpet av året, og som har lang erfaring bak rattet, har større formening om hastighet, tid og avstand de forholdt seg til under forbikjøringen enn de som tilbakelegger færre kilometer i året eller kjører mer på flere felts veger.

Hovedpoenget med intervjurunden var å få interessante funn av verdier på ulike parametere, eller en dybdeforståelse av vurderinger som tas i forbikjøringssituasjonen. Sammensetningen av intervjuobjektene ble ikke som tiltenkt fordi det var planlagt å intervju personer som kjører forbi ofte. Dette regnes som uproblematisk fordi alle deltakerne hadde formeninger om vurderingene de tar i en forbikjøringssituasjon, og tid og avstand de ville foretrukket å ha tilgjengelig i de ulike fasene.

#### 5.2.8. Svakheter og begrensninger

Kort oppsummert er svakhetene og begrensningene med denne typen datainnsamling:

- Lite utvalg – ikke tilstrekkelig til å dokumentere parameterverdier
- Subjektive svar
- Misforståelser
- Variasjon i kjøremønsteret til intervjuobjektene
- Variasjon blant kjøretøyene til intervjuobjektene

Resultatene fra denne datainnsamlingen stammer fra et lite utvalg personer, og det stilles derfor spørsmålsteget ved om resultatet kan brukes som bakgrunn for parameterverdier i FORB-

modellen. Skoie (2015) definerer begrepet forskning for store norske leksikon som *«kreativ virksomhet som utføres systematisk for å oppnå økt kunnskap, herunder kunnskap om mennesket kultur og samfunn, og omfatter også bruken av denne kunnskapen til å finne nye anvendelser»*. Det er i grunn det som er gjort i denne metoden, men ikke med mange nok deltakere til at resultatene kan brukes som dokumentasjon. Datainnsamlingen er fremdeles nyttig fordi den har gitt innsikt i hva slags parametere som er viktig for sjåfører underveis i en forbikjøring, og hvilke verdier sjåførene ønsker at disse skal ha. Resultatene benyttes som diskusjonsmateriale i utvelgelse av parametere til FORB-modellen.

Resultatene man får fra en intervjurunde er subjektive og det stilles spørsmålsteget ved påliteligheten til resultatene. Hvor pålitelige resultatene er avhenger av hvor god oversikt intervjuobjektene har angående hastighet, tid og avstand, og det er viktig at dette tas med i betraktningen av resultatet. Det er vanskelig å vite korrekt avstand når man kjører bil. I intervjurunden ble det avgitt flere svar som avslørte at noen av intervjuobjektene ikke har forståelse for hvor lang tid og/eller avstand de holder til andre kjøretøy. Der noen svarer 100 meter svarer andre 10 meter. Dette kan vise seg å være 200 meter i virkeligheten, det er vanskelig å kontrollere. Svar som omhandler hastighet, er vurdert til å ha litt høyere pålitelighet enn tid og avstand. Hastigheten til kjøretøyet er noe sjåføren har relativ god oversikt over ved hjelp av speedometeret, og det er derfor grunn til å tro at intervjuobjektene har avgitt sine svar basert på hva de har observert underveis i forbikjøringene. Underveis i en forbikjøring kastes det ofte et blikk ned på speedometeret for å se hvor høy hastigheten er i forhold til fartsgrensen på vegen.

På spørsmål knyttet til hastighet, tid og avstand var det noen av deltakerne som hadde problemer med å svare fordi det gjaldt parametere de aldri før hadde vært nødt til å vurdere. Når det ikke avgis noe svar, er det heller ikke noe resultat å benytte i oppgaven og av den grunn ble det gitt noen eksempler på tid og avstand for å hjelpe deltakeren. Dette kan ha ført til at spørsmålet virket ledende, men det viktigste var å få resultater som er virkelighetsnære.

Resultatene er også avhengig av at deltakeren har forstått betydningen av ulike definisjoner. Til tross for at intervjurunde ble valgt som metode for å sikre direkte kommunikasjon med deltakeren, og for å unngå misforståelser, er det vanskelig å kontrollere om intervjuobjektet har forstått spørsmålet. Spesielt begrepene sikkerhetstid/sikkerhetsavstand er vanskelig å forstå. Det samme med avgjørelsestid. Resultatene viser at to av deltakerne ønsker en sikkerhetstid på 3 sekunder, mens andre ønsker sikkerhetstid på nærmere 5 – 6 sekunder. Denne forskjellen kan

enten være en reell forskjell, eller den kan skyldes en misforståelse. Hvis det er en misforståelse, gjelder det trolig hvordan deltakeren har tolket begrepet, om det er tiden frem til møtende kjøretøy eller tiden det tar til sjåføren møter kjøretøyet.

Andre svakheter med datainnsamlingen kan skyldes forskjeller i hvilke tofeltsveger intervjuobjektene kjører på, og hvor ofte de kjører på tofeltsveger. Deltakere som kjører mye på tofeltsveger vil trolig gjennomføre forbikjøringer mer ofte fordi de raskt tar igjen andre kjøretøy som holder lavere hastighet. På tofeltsveger med mye svinger er det derimot vanskeligere å finne forbikjøringsmuligheter. I tillegg varierer resultatene av om deltakerne kjører mye på langtur eller korte turer. Basert på uttalelser fra intervjuene er det større sjanse for forbikjøring hvis deltakeren skal kjøre langt. Resultatet er også avhengig av om deltakeren er under tidspress eller ikke. Uttalelser som ble gjort i intervjurunden bekrefter at deltakere som er ute og kjører og skal rekke noe har lavere terskel for å kjøre forbi enn om de som ikke har noe de skal nå.

Det er vanskelig å kontrollere om intervjuobjektene oppgir sine svar med utgangspunkt i en spesiell forbikjøring de minnes, eller om de deler mer generelle opplevelser. Om svarene er preget av tidspress, om de er på langtur, kort tur, om det er lite trafikk eller mye trafikk får man ikke innsikt i gjennom denne datainnsamlingen.

På samme måte som forbikjøringsresultatene ikke kan generaliseres fordi alle forsøkene er gjennomført med samme type kjøretøy, avhenger svarene fra intervjurunden av hva slags type kjøretøy intervjuobjektet bruker i en forbikjøring. Motorkraften tilgjengelig i kjøretøyet deltakerne benytter har noe å si for hvordan de opplever hastighet og akselerasjon. Med et raskt kjøretøy kommer de fort opp i høy hastighet, og forbikjøringen kan gjennomføres raskere. Dette er en faktor som påvirker resultatet, men som ikke ble tatt hensyn til i datainnsamlingen. Hva slags kjøretøy intervjuobjektene kjører er uvisst.

## 6. Den nye forbikjøringsmodellen

Prosessen med å utvikle FORB-modellen har vært omfattende og er beskrevet i detalj i dette kapitlet. Gjennom hele prosessen med å utvikle FORB-modellen har det vært viktig å fokusere på brukervennlighet for at modellen skal bli enkel å bruke for alle, uavhengig av forkunnskaper.

Innledningsvis presenteres oppbyggingen av FORB-modellen med inputparametere og andre faste utregninger brukt i modellen. Deretter informeres det om hvilke valg man kan ta underveis i utviklingen som gjør at man får en modell som ikke fungerer. Hvilke forbedringer som har vært forsøkt gjort, men som ikke har lyktes beskrives før den endelige oppbyggingen av modellen presenteres.

Både en brukerveiledning og en beskrivelse av den teoretiske bakgrunnen er utformet for den nye forbikjøringsmodellen. Begge er å finne i FORB-modellen i tillegg til å være egne delkapitler i oppgaven. Se kapittel 6.3.2 Brukerveiledning og 6.3.3 Teoretisk bakgrunn.

Avslutningsvis følger en sammenligning av resultatene fra FORB-modellen med resultatene fra SINTEF-modellen, resultater fra forbikjøringsforsøkene og eksisterende krav til forbikjøringer.

### 6.1. Faste holdepunkter i utviklingsprosessen

Det har vært mange utfordringer knyttet til å utvikle FORB-modellen. Oppbyggingen av FORB-modellen med inputparametere har vært den samme hele vegen. Ved hjelp av inputdata satt av brukeren beregner modellen forbikjøringslengde, forbikjøringsstid og sannsynligheten for at en forbikjøring er gjennomførbar, og alle nødvendige mellomregninger som er interessante. Modellen bruker inputparametere knyttet til kjøretøy, føreratferd, grunnlagsdata og motstand. En oversikt over inputparameterne brukeren kan være med å påvirke er gitt i Tabell 16. Som tabellen viser er de fleste inputparameterne i modellen mulig for brukeren å bestemme.

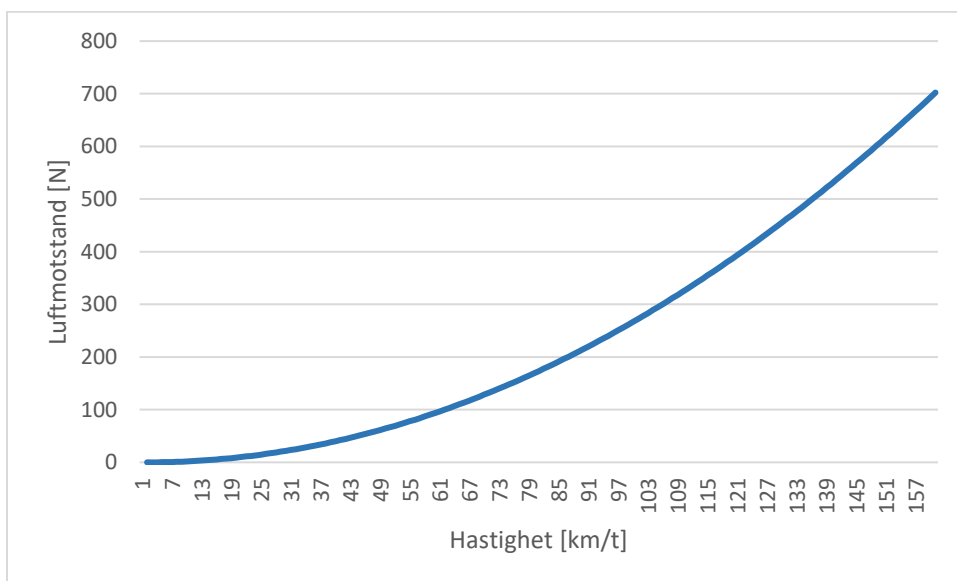
Tabell 16: Inputparameterne i FORB-modellen for forbikjøringer

Parameter	Benevning	
<b>Kjøretøysparametere</b>		
Vekt	m	kg
Tilgjengelig effekt	P	kW eller hk, valgfritt
Lengde av kjøretøyene	L	m
Tverrsnitt av kjøretøyet	A	m <sup>2</sup>
<b>Førerparametere</b>		
Utnyttelsesgrad effekt	P_%	%
Avgjørelsestid	t_a	sek
Sikkerhetstid	t_s	sek
Atferd til passivt kjøretøy		
Tidsluke front-bakende før forbikjøring	t_før	sek
Tidsluke bakende-front etter forbikjøring	t_etter	sek
<b>Grunnlagsdata</b>		
Hastighet før forbikjøring	v0	Km/t
Maksimal tillatt hastighet under forbikjøring	vmaks	Km/t
<b>Motstand</b>		
Tetthet luft	$\rho$	Kg/m <sup>3</sup>
Vindhastighet	vw	m/s
Stigning	°	%
Luftmotstand	cw	
Rullemotstand	f	
<b>Sannsynlighet for å kunne gjennomføre en forbikjøring</b>		
ÅDT i dag		kjt/døgn
År 0		
År n		
Trafikkvekst pr år		% pr år
Andel døgn		%
Andel av døgntrafikk i betraktet time		%
Retning 1		%



Flere av inputparameterne er med for å beregne motstanden som virker på det aktive kjøretøyet underveis i forbikjøringen. For å beregne luftmotstanden er det gjort en mellomregning i FORB-modellen. Luftmotstanden som virker på kjøretøyet er beregnet for hver kilometer i timen økning i hastighet. Gjennomsnittet av verdiene blir den faktiske luftmotstanden som virker på kjøretøyet. Dette blir gjort fordi utviklingen av luftmotstanden ikke er lineær. Figur 43 illustrerer dette. Formelen for luftmotstand i FORB-modellen er:

$$\text{Luftmotstand} = 0,5 * \text{tetthet luft} * \text{luftmotstand} * \text{tverrsnitt av kjøretøyet} * \left( \frac{\text{hastighet før} + \text{maksimal tillatt hastighet}}{2} + \text{vindhastighet} \right)^2$$



Figur 43: Utvikling av luftmotstand

Fra SINTEF-modellen har utregningene Børnes, Sakshaug og Aakre (2004) brukte for å finne sannsynligheten for at en forbikjøring er gjennomførbar blitt implementert i FORB-modellen. Måten SINTEF-modellen beregner sannsynligheten gir resultatet basert på de parameterne som påvirker sannsynligheten. Derfor har det vært naturlig å bruke denne videre.

## 6.2. Utviklingen trinn for trinn

I utviklingsprosessen ble det tatt flere avgjørelser med hensikten å forbedre modellen og få den til å fungere optimalt. Noen avgjørelser ledet til en modell som ikke fungerte eller som ikke fungerte optimalt. Av den grunn har oppgaven utviklet opptil flere modeller for å finne den beste måten å bygge opp en realistisk modell som beskriver en forbikjøringsprosess.

### 6.2.1. Trinn 1 - Oppstart

Det var klart fra starten av at modellen skulle utformes i programvaren Excel 2016. I arbeidet med å finne hva som ville være riktig beskrivelse av en forbikjøringsprosess ble det hentet inspirasjon fra den eksisterende SINTEF-modellen. Innspill til hvilke parametere som var av betydning ble hentet fra NCHRP (Harwood, *et al.*, 2008). *AASHTO Green Book* kriteria for forbikjøringssikt beskriver forbikjøringen med fire faser (Harwood, *et al.*, 2008). Disse fasene har likheter med SINTEF-modellen sine faser og har vært med i vurderingen når den mest korrekte beskrivelsen skulle brukes.

Børnes, Sakshaug og Aakre (2004) beskriver en forbikjøringsprosess ved bruk av fem forskjellige faser. Disse fasene er detaljert beskrevet i kapittel 4.1 Fasene i en forbikjøring i SINTEF-modellen. Måten de deler inn forbikjøringen i fem ulike faser ble valgt å gå videre med i den nye modellen. Fase 2 i SINTEF-modellen innebærer at det aktive kjøretøyet akselererer i hele fase 2 med konstant akselerasjon. Denne forutsetningen fungerer i SINTEF-modellen fordi det ikke er satt noen begrensning til verken hastighet eller akselerasjon i fasen. I tillegg er akselerasjonsverdien avhengig av hastighet og ingen andre parametere.

Til å begynne med ble det heller ikke satt noen begrensninger til hastighet eller akselerasjon i den nye modellen. Dette førte til at det aktive kjøretøyet fikk en svært høy hastighet i fase 2. Årsaken til dette var at akselerasjonen ble beregnet ut fra utnyttet motoreffekt, vekt og motstand som virker på kjøretøyet, og hastigheten til kjøretøyet. Når den nye modellen beregnet akselerasjonen med flere parametere, ble den annerledes enn i SINTEF-modellen og hastigheten til det aktive kjøretøyet ble høyere enn realistisk når akselerasjonen ble høy. FORB-modellen skulle bli mest mulig realistisk og denne måten å utforme den på fungerte derfor ikke.

### 6.2.2. Trinn 2 – Forsøk på å løse akselerasjon- og hastighetsproblemet

Det ble nødvendig å legge inn noen begrensninger for at den nye modellen skulle få realistiske resultater. Det ble bestemt at brukeren skulle ha mulighet til å begrense enten akselerasjonen eller hastigheten, som vist i Figur 44, fordi denne valgmuligheten gjorde modellen mer brukervennlig. Noen brukere har mer innsikt i hvilken hastighet de holder i en forbikjøring, mens andre ønsker å uttrykke hvilken akselerasjon de har.

Vil du informere om begrenset akselerasjon eller hastighet under forbikjøringen?					
Sett ett kryss (x) i modellen du ønsker å følge:					
Akselerasjon:		<b>DU HAR NÅ VALGT HASTIGHET</b>			
Hastighet:	x				

Figur 44: Utforming av begrenset akselerasjon eller hastighet i modellen

I det alternativet hvor brukeren fikk mulighet til å overstyre akselerasjonen underveis i forbikjøringen påvirket dette den faktisk utnyttede effekten og hastigheten kjøretøyet holdt i fase 2. Tiden det tok før kjøretøyene var side om side var realistisk og det var ingen ulemper med denne modellen annet enn at hastigheten fort ble høy og at den eneste måten å forhindre det på var å overstyre akselerasjonen. Denne utformingen førte til at modellen ble utformet som en «prøv og feil» modell hvis brukeren ønsket en spesiell hastighet underveis i forbikjøringen.

I det alternativet hvor brukeren fikk mulighet til å begrense hastigheten under forbikjøringen påvirket dette tiden det tok før bilene nådde side om side. Å sette en maksimal tillatt hastighet underveis i forbikjøringen satte et tak for hvor høy akselerasjon kjøretøyet kunne få. Ved å utforme modellen på denne måten ble akselerasjonen for lav og tiden det tok før kjøretøyene var side om side ble for lang. Oppsummert fikk denne modellen svært lite realistiske verdier. Modellen sitt matematiske grunnlag var korrekt, men forutsetningene som var satt førte til de lite realistiske verdiene. Når det aktive kjøretøyet skal akselerere gjennom hele fase 2, kan det ikke nå maksimal tillatt hastighet før de to kjøretøyene er side om side. Det er derfor tiden frem til dette punktet ble så lang.

Modellen med de to alternativene illustrerte at forutsetningene, som var satt for hver fase, ikke fungerte optimalt i den nye modellen.

### 6.2.3. Trinn 3 – Nye faser for å beskrive forbikjøringsprosessen

Videre i arbeidet med å utforme FORB-modellen ble det valgt å ta i bruk nye fasebeskrivelser for å unngå problemet som oppsto i hastighetsmodellen. Denne endringen førte til at den nye modellen ble utviklet med nye fasebeskrivelser. I hovedsak var det fase 2 som ble endret.

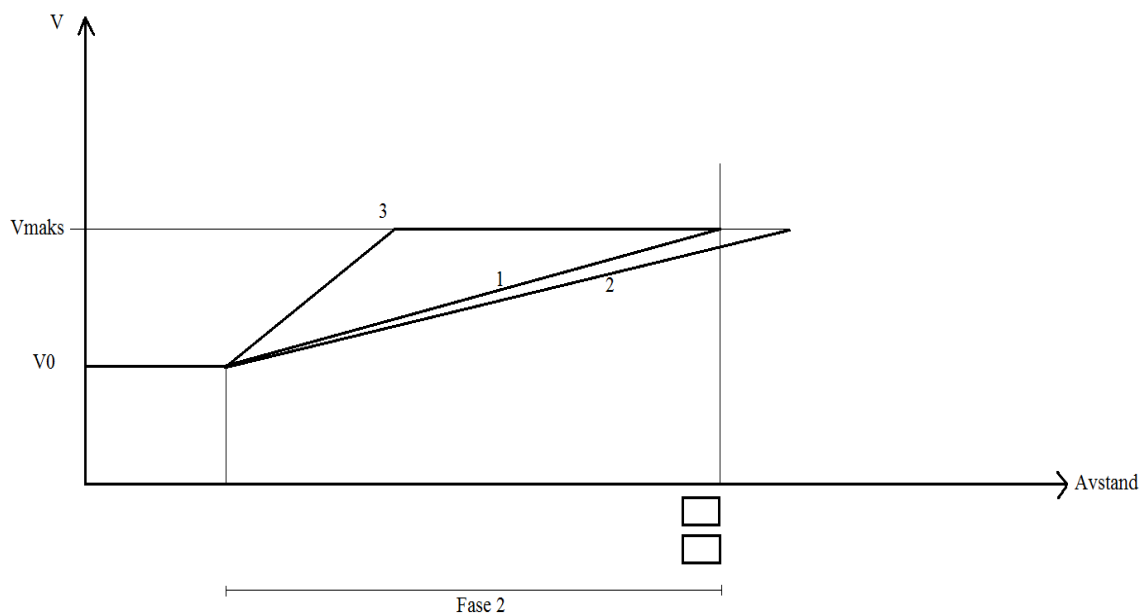
Fase 2 før: Det aktive kjøretøyet akselererer til det er side om side med passivt kjøretøy med en konstant akselerasjon.

Fase 2 etter: Det aktive kjøretøyet holder konstant akselerasjon til det er oppe i maksimal tillatt hastighet, for så å holde denne til kjøretøyet er side om side med passivt kjøretøy.

Denne endringen gjorde at man måtte ta hensyn til at fase 2 kunne få tre ulike utfall:

- 1) Det aktive kjøretøyet når maksimal tillatt hastighet når det er side om side med passivt kjøretøy.
- 2) Det aktive kjøretøyet rekker ikke å nå maksimal tillatt hastighet før kjøretøyene er side om side.
- 3) Det aktive kjøretøyet akselererer opp i maksimal hastighet og må holde denne frem til kjøretøyene er side om side.

De tre forskjellige utfallene er illustrert i Figur 45.



Figur 45: Tre mulige utfall av fase 2

Arbeidet med å utvikle en ny modell som tok hensyn til alle de tre utfallene ble startet. I den forrige modellen hadde det blitt lagt ned mye arbeid i å få modellen brukervennlig utformet med informasjonsbobler og veiledninger. I den nye modellen ble fase 1, 2 og 3 påbegynt, men arbeidet med å få denne modellen oversiktlig og brukervennlig var tidkrevende. Arbeidet med denne modellen ble avsluttet grunnet for kort tid til innlevering.

Analyser som ble gjennomført i den påbegynte modellen viste at det siste utfallet, nr. 3 i Figur 45, var det mest realistiske utfallet. For at de to andre utfallene skulle inntreffe måtte man ha et kjøretøy med svært lav motorkapasitet, bratt stigning eller et svært tungt kjøretøy. Her var det snakk om så lav motorkapasitet at sjåføren trolig ikke ville gjennomført en forbikjøring i utgangspunktet.

#### 6.2.4. Trinn 4 – Videreutvikling av modellen med utfall 3

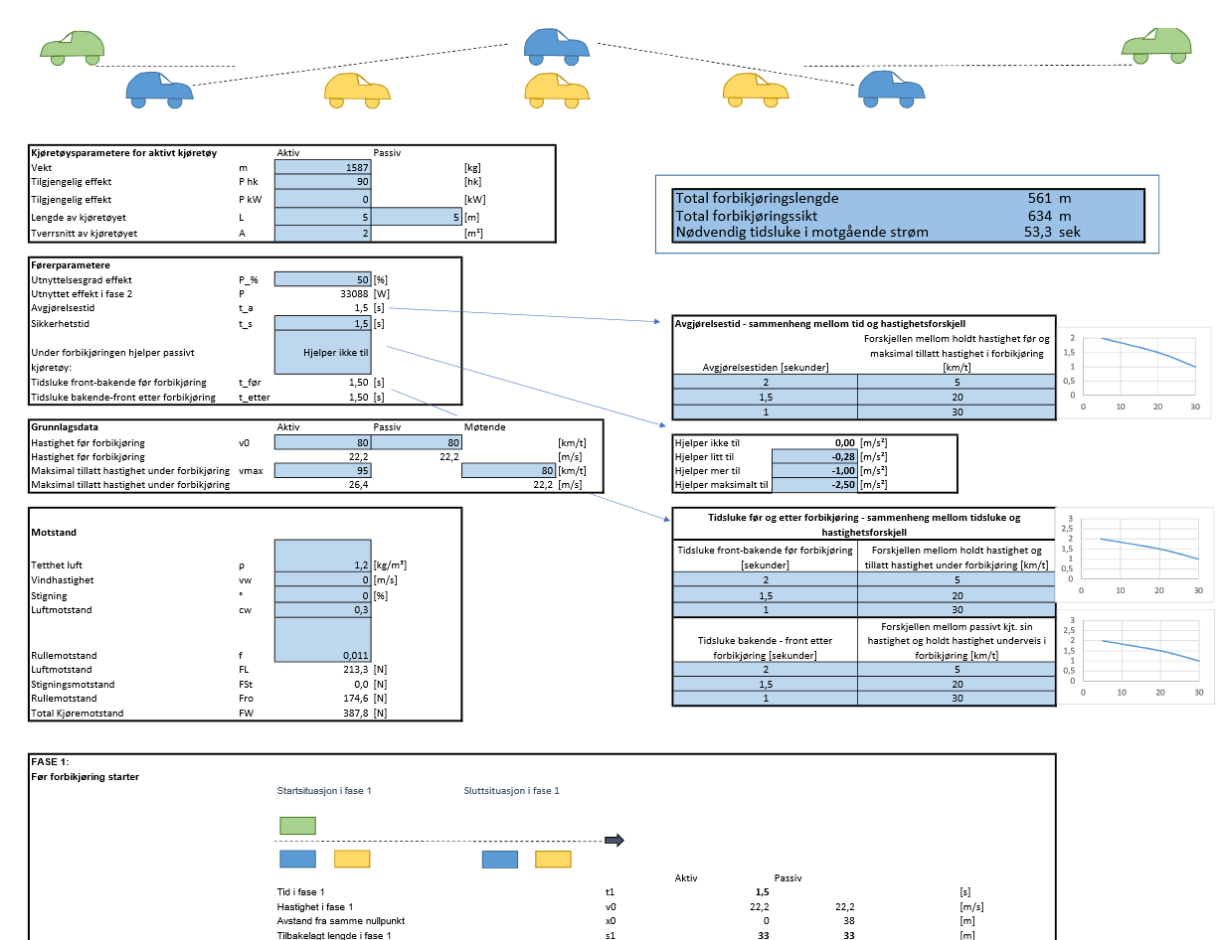
Fordi modellen med de tre forskjellige utfallene i fase 2 ble for omfattende ble det bestemt å utvikle den nye modellen med utgangspunkt i utfall 3 fordi dette viste seg å være mest realistisk. I de aller fleste tilfeller klarer det aktive kjøretøyet å akselerere opp i maksimal tillatt hastighet på få sekunder når det ikke er satt noen begrenset akselerasjon. Når kjøretøyet akselererer opp til maksimal hastighet, avslutter modellen akselerasjonen til det aktive kjøretøyet automatisk ved å si at hastigheten holdes konstant lik maksimal hastighet til fase 2 er over. Ettersom den nye modellen setter begrensning for maksimal tillatt hastighet underveis i forbikjøringen er det ikke nødvendig å sette maksimal tillatt akselerasjon under forbikjøringen.

Ved å utforme den nye modellen med utgangspunkt i utfall 3 blir akselerasjonsmodellen og hastighetsmodellen fra tidligere utforminger samlet til en felles modell, FORB-modellen, og arbeidet som var lagt ned i trinn 2 med å lage en brukervennlig og oversiktlig modell kunne bygges videre på.

Med de forutsetningene som ble satt for FORB-modellen er den vurdert til å gi realistiske resultater og problemene som oppsto i de tidligere utformingene unngås her.

### 6.3. Endelig utforming av FORB-modellen

Et utklipp fra FORB-modellen er vist i Figur 46.



Figur 46: Utklipp fra den nye forbi kjøring modellen, tom fase 1

Inputparameterne i FORB-modellen har vært uforandret i utviklingsprosessen. Det er oppbyggingen av modellen og sammenhengene den er basert på som har vært i endring.

Ettersom fasene i SINTEF-modellen viste seg å ikke fungere optimalt i FORB-modellen ble det definert egne faser til å beskrive forbi kjøring prosessen. Fase 1, 4 og 5 forblir like som i SINTEF-modellen, men kun fordi det antas at det passive kjøretøyet fortsetter å kjøre i hastigheten det avslutter med i fase 3. Dette er en forenkling av situasjonen. Denne forenklingen gjør at modellen har noen forutsetninger. FORB-modellen forutsetter at det aktive kjøretøyet må ha stor nok motoreffekt tilgjengelig til å kunne nå maksimal tillatt hastighet før slutten av fase 2. Tilfredsstilles ikke dette, gir modellen ulogiske resultater. En svakere motor må utnyttes maksimalt underveis i forbi kjøringen (80-100 %). Det er viktig at større hastighetsforskjell mellom starthastighet og maksimal tillatt hastighet gir behov for større utnyttet effekt.

Hvis tilfellet er at det passive kjøretøyet hjelper til underveis i forbikjøringen ved å bremse, skjer dette i fase 3. Fase 4 burde derfor ta høyde for at kjøretøyet begynner å akselerere mot ønsket hastighet igjen når det aktive kjøretøyet har lagt seg inn foran det passive kjøretøyet, og forbikjøringen er avsluttet. Om dette tas hensyn til eller ikke blir ikke synlig på verken den totale forbikjøringslengden eller den totale forbikjøringssikten, og det er derfor valgt å forenkle situasjonen og se bort i fra dette. Det som derimot blir synlig på forbikjøringslengden er lengden av de involverte kjøretøyene. Modellen tar hensyn til lengden på både det passive og det aktive kjøretøyet. Jo lengre det passive kjøretøyet er, jo lengre blir forbikjøringslengden fordi det tar lengre tid å ta igjen det passive kjøretøyet. Dette påvirker også forbikjøringssikten.

Det aktive kjøretøyet sin maksimale tillatte hastighet underveis i forbikjøringen er det brukeren av FORB-modellen som bestemmer. FORB-modellen beregner når det aktive kjøretøyet når den maksimalt tillatte hastigheten, og hvor lenge kjøretøyet må holde konstant hastighet før fase 2 er over. Hvor lenge det aktive kjøretøyet må holde konstant hastighet avhenger av akselerasjonen og hvor raskt kjøretøyet når maksimal tillatt hastighet.

I fase 3 blir det tatt høyde for at det aktive kjøretøyet holder konstant hastighet fordi det antas at maksimal tillatt hastighet er nådd i fase 2. Det passive kjøretøyet derimot behøver ikke holde konstant hastighet i denne fasen. I FORB-modellen antas det at det passive kjøretøyet begynner å hjelpe til under forbikjøringen når det aktive kjøretøyet har nådd sitt kritiske punkt i forbikjøringen, som er når kjøretøyene er side om side. Da er det ikke lenger aktuelt for det aktive kjøretøyet å angre forbikjøringen og derfor er det naturlig at det passive kjøretøyet skal ha mulighet til å bremse hvis det er behov for dette.

Brukeren får mulighet til å bestemme om det passive kjøretøyet skal hjelpe til underveis i forbikjøringen, og i så fall i hvor stor grad. Alternativene er:

- Hjelper ikke til
- Hjelper litt til
- Hjelper mer til
- Hjelper maksimalt til

Hvor stor retardasjon de forskjellige begrepene representerer bestemmes av brukeren.

Med bruk av alle inputparameterne beregner FORB-modellen tilbakelagt avstand i fase 3 for både passivt og aktivt kjøretøy. Hvis det passive kjøretøyet bremses så mye at hastigheten når

null, betyr det at kjøretøyet stopper opp. Dette påvirker tilbakelagt avstand som også påvirker tiden i fase 3. Tiden i fasen kortes ned fordi det tar kortere tid for det aktive kjøretøyet å oppnå tilstrekkelig tidsluke til det passive kjøretøyet. Det aktive kjøretøyet kommer seg dermed raskere inn i opprinnelig kjørefelt.

### 6.3.1. Svakheter og begrensninger

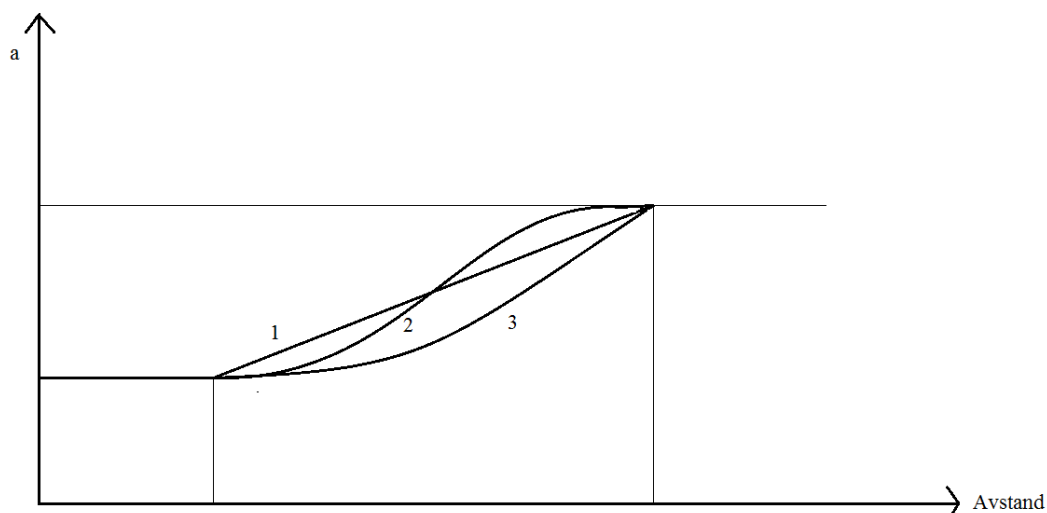
Enkelte deler av forbikjøringsprosessen er valgt å forenkle i FORB-modellen. Dette medfører at modellen får svakheter og begrensninger det er viktig å være klar over. Kort oppsummert er det viktig å være klar over:

- Fase 2 – kun tatt hensyn til utfall 3
- Konstant akselerasjon
- Overlater mye til brukeren

Modellen baserer seg kun på at utfall 3 skjer i fase 2. Selv om sjansene er små for at de to andre utfallene skjer ville modellen vært mer komplett hvis de var implementert. Denne begrensningen gjelder i hovedsak oppbyggingen av modellen. Hvis brukeren legger inn verdier på parameterne som gjør at det aktive kjøretøyet ikke når maksimal tillatt hastighet i løpet av fase 2, blir ikke dette tatt hensyn til videre i modellen. I fase 3 regner modellen med at starthastigheten er maksimal tillatt hastighet. Hvis dette skjer kommer det opp en feilmelding i modellen. I modellen kan man kontrollere at hastigheten er nådd i løpet av fase 2 ved å sjekke at det ikke finnes noen negative tall i fase 2.

Når det gjelder det matematiske grunnlaget i FORB-modellen, er akselerasjonsutviklingen beregnet som lineær, noe som ikke er tilfellet i en forbikjøring. Egentlig er akselerasjonsutviklingen mer kompleks enn det gis uttrykk for i FORB-modellen. Figur 47 illustrerer tre mulige måter akselerasjonen kan utvikle seg på, frem til kjøretøyet må holde konstant hastighet. Trolig lar ikke forbikjøringslengden og forbikjøringsikten seg påvirke veldig mye av forenklingen som er gjort i akselerasjonsberegningen og det er derfor ikke lagt ned noe arbeid i å forbedre denne.





Figur 47: Mulige akselerasjonsutviklinger i modellen frem til konstant hastighet

En svakhet med hvordan FORB-modellen er bygget opp ligger i fase 3. I denne fasen kan det passive kjøretøyet bremse. Hvis brukeren legger inn en retardasjon som er svært høy, er det tatt hensyn til at kjøretøyet stopper i det det når hastighet null, men tiden som er brukt til å beregne tilbakelagt avstand i fasen for det aktive kjøretøyet tar ikke høyde for at det passive kjøretøyet stopper. Tiden tar høyde for at det passive kjøretøyet begynner å rygge, noe som blir feil. Det er ikke brukt tid på å rette opp i denne svakheten fordi den har liten betydning på resultatet og brukeren må legge inn en svært høy retardasjon for at dette tilfellet skal inntreffe. Den beregnede avstanden derimot, tar høyde for at kjøretøyet stopper når hastigheten når null, selv om tiden ikke tar hensyn til det. Derfor blir den beregnede avstanden korrekt.

En annen svakhet med FORB-modellen og resultatene den gir er knyttet til brukeren. I modellen er svært mange av inputparameterne mulig for brukeren å påvirke. For noen av parameterne er det gitt en anbefaling til verdi. Hvis brukeren velger å modellere med ugunstige parametere som ikke gir et realistisk forbikjøringstilfelle, kan det heller ikke forventes realistiske resultater i modellen.



### 6.3.2. Brukerveiledning

Det ble gjennom hele prosessen fokusert på å utforme en brukervennlig modell hvor brukeren ikke behøver å være ekspert på trafikkdata, men blir veiledet gjennom modellen for å få resultater. For å få til dette er det lagt ved en detaljert brukerveiledning, som geleider brukeren gjennom de ulike trinnene i modellen for å få resultater. Brukerveiledningen er også å finne i modellen.

## Brukerveiledning

Dette modelleringsverktøyet er utviklet i Excel og er i hovedsak utviklet for å estimere forbikjøringslengde og forbikjøringssikt. Modellen tar utgangspunkt i at forbikjøringen har fem ulike faser. Modellen beregner både forbikjøringslengde og forbikjøringssikt, og sannsynligheten for å kunne gjennomføre en forbikjøring. Modellen er en empirisk modell hvor formelverket baserer seg på både føreratferd og kjøretøyparametere. På denne måten skal resultatene kunne kobles til hvilken som helst forbikjøring. Modellen bygger videre på SINTEF sin modell for forbikjøringer fra 2004, men har viktige avvik når det gjelder fasebeskrivelse for fase 2 og 3. Rammebetingelsene for input- og outputdataen kommer fra egen datainnsamling, både forsøk og intervjuer. Denne veiledningen skal sørge for at brukeren av modellen enkelt skal forstå hvordan man legger inn egne data.

**En viktig forutsetning i modellen er at kjøretøyet må ha stor nok motoreffekt til å nå maksimal tillatt hastighet før slutten av fase 2. Tilfredsstilles ikke dette gir modellen ulogiske resultater. Det er viktig at svakere motor må utnyttes maksimalt underveis i forbikjøringen (80-100%). Generelt kreves det større utnyttelsesgrad av motoreffekten når hastighetsforskjellen mellom starthastigheten og maksimal tillatt hastighet er stor, eller motoreffekten lav.**

For å beregne forbikjøringslengde og forbikjøringssikt, og andre interessante parametere knyttet til forbikjøring er det nødvendig å dele en del bakgrunnsinformasjon om trafikksituasjonen som skal vurderes. Til å begynne med ønsker modellen informasjon om kjøretøysparametere, førerparametere, grunnlagsdata som beskriver trafikksituasjonen og informasjon om motstandskrefter som virker på kjøretøyet. I modellen er det gjennomgående at inputcellene er markert i blått: , de resterende cellene skal ikke endres og inneholder faste parametere eller beregninger. Disse er ikke fremhevet på noen måte. Bak hver inputcelle står benevnningen det er nødvendig at inputverdien blir gitt i. I noen av inputcellene er det lagt ved en informasjonsboble som er ment til å veilede valget av inputverdi i cellen. Disse cellene har et slikt merke: . Det er valgfritt å følge denne veiledningen.

### Yttligere informasjon om kjøretøysparametere

Tilgjengelig effekt bestemmes av brukeren, og her har man mulighet til å gi verdien enten i hk eller i kW. Figur 48 viser aktuelle kjøretøysparametere FORB-modellen tar hensyn til.

Figuren er et utklipp fra FORB-modellen.

Kjøretøysparametere for aktivt kjøretøy		Aktiv	Passiv	
Vekt	m	1587		[kg]
Tilgjengelig effekt	P hk	90		[hk]
Tilgjengelig effekt	P kW	0		[kW]
Lengde av kjøretøyet	L	5	5	[m]
Tverrsnitt av kjøretøyet	A	2		[m <sup>2</sup> ]

Figur 48: Kjøretøysparametere, utklipp fra FORB-modellen

### Yttligere informasjon om førerparametere

Utnyttelsesgraden av effekten bestemmes av brukeren. Denne brukes til å beregne akselerasjonen i fase 2 av forbikjøringen.

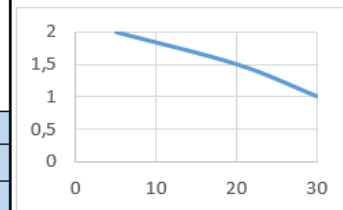
I førerparametere er det nødvendig å gjøre flere steg for å utlede avgjørelsestiden. Utledningen av denne verdien gjøres ved å følge pilen og fylle inn tabellen på siden. Her bestemmer brukeren hvordan avgjørelsestiden skal variere med forskjellen mellom holdt hastighet og ønsket hastighet før forbikjøring til det aktive kjøretøyet.

Hvordan det passive kjøretøyet reagerer på å bli forbikjørt bestemmes også under førerparametere. I denne inputcellen finnes det en nedtrekksmeny som brukeren benytter til å bestemme graden av retardasjon til det passive kjøretøyet. Graden av retardasjon blir tatt hensyn til i fase 3, når det aktive kjøretøyet har nådd det kritiske punktet i forbikjøringen (side om side).

Tidsluke front- bakende før forbikjøring og tidsluke bakende-front etter forbikjøring er også parametere som må utledes gjennom flere steg i modellen. For å utlede disse verdiene følger brukeren pilene og fyller inn ønskede verdier i tilrettelagte tabeller. Tidsluken bestemmes av hastighetsforskjell. Tidsluken påvirker forbikjøringslengden så denne må vurderes nøye.

De ekstra stegene brukeren må gjøre for å bestemme avgjørelsestid, retardasjon og tidsluker er vist i Figur 49.

Avgjørelsestid - sammenheng mellom tid og hastighetsforskjell	
Avgjørelsestiden [sekunder]	Forskjellen mellom holdt hastighet før og maksimal tillatt hastighet i forbikjøring [km/t]
2	5
1,5	20
1	30

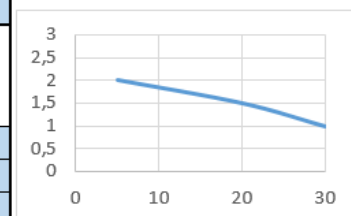
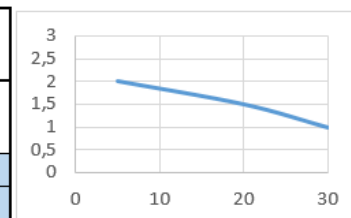


Hjelper ikke til	0,00 [m/s <sup>2</sup> ]
Hjelper litt til	-0,28 [m/s <sup>2</sup> ]
Hjelper mer til	-1,00 [m/s <sup>2</sup> ]
Hjelper maksimalt til	-2,50 [m/s <sup>2</sup> ]

Tidsluke før og etter forbikjøring - sammenheng mellom tidsluke og hastighetsforskjell	
Tidsluke front-bakende før forbikjøring [sekunder]	Forskjellen mellom holdt hastighet og tillatt hastighet under forbikjøring [km/t]
2	5
1,5	20
1	30

Tidsluke bakende - front etter forbikjøring [sekunder]	Forskjellen mellom passivt kjt. sin hastighet og holdt hastighet underveis i forbikjøring [km/t]
2	5
1,5	20
1	30



Figur 49: Ekstra steg i utregningen av avgjørelsestid, retardasjon og tidsluker. Utklipp fra FORB-modellen

### Ytterligere informasjon om grunnlagsdata

Maksimal tillatt hastighet i forbikjøringen må også bestemmes av brukeren. Denne brukes til å regulere hvor lenge det aktive kjøretøyet kan akselerere i fase 2 og hvor lenge det må holde konstant hastighet. Parameterne er vist i Figur 50.

Grunnlagsdata		Aktiv	Passiv	Møtende	
Hastighet før forbikjøring	v0	80	80		[km/t]
Hastighet før forbikjøring		22,2	22,2		[m/s]
Maksimal tillatt hastighet under forbikjøring	vmax	95		80	[km/t]
Maksimal tillatt hastighet under forbikjøring		26,4		22,2	[m/s]

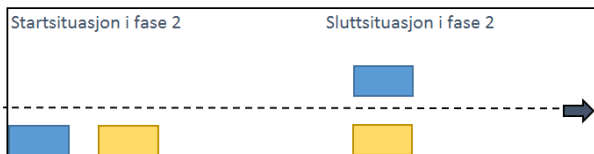
Figur 50: Grunnlagsdata, utklipp fra FORB-modellen

### Output - Fasene i forbikjøringen

De verdiene som beskriver tid eller avstand i en av fasene i forbikjøringen har uthevet verdi. Når det gjelder sannsynligheten for om forbikjøringen er gjennomførbar, er resultatene også uthevet.

I denne delen av modellen er de fleste verdiene basert på tidligere informasjon gitt av brukeren og verdiene er derfor ikke til å regulere. Disse endrer seg ved å endre bakgrunnsinformasjonen.

Et eksempel på hvordan outputdataen i modellen blir presentert er gitt i Figur 51. Lignende tabeller finnes for fase 1 – fase 5. Resultatene i modellen blir presentert som vist i Figur 52.



		Aktiv	Passiv	
Starthastighet fase 2	v0	16,7	16,7	[m/s]
Tid i fase 2	t2	8,2	8,2	[s]
Akselerasjon	a	1,81		[m/s <sup>2</sup> ]
Tiden v max nås	T1	3,1		[s]
Tilbakelagt distanse ved tiden	L1	60	51	9 [m]
Distanse mellom kjøretøyene før forbikjøring	x1			37 [m]
Total avstand mellom kjøretøyene ved T1	xT1			28 [m]
Tiden det tar for aktivt kjøretøy å ta igjen passivt	T2	5,1		[s]
Tilbakelagt lengde i fase 2	s2	174	137	[m]
Totalt tilbakelagt lengde etter fase 2	s_sum	199	199	[m]
Samlet tid etter fase 2	t_sum			9,7 [s]

Figur 51: Fase 2 i FORB-modellen

Total forbikjøringslengde	561 m
Total forbikjøringsstakt	634 m
Nødvendig tidsluke i motgående trafikk	53,3 sek

Figur 52: Outputdataen i FORB-modellen

#### Output - Sannsynlighet for at forbikjøringen er gjennomførbar

Ved å informere om ÅDT og trafikkvekst gir denne delen av modellen brukeren informasjon om nødvendig tidsluke i motgående trafikk for å gjennomføre forbikjøring, og sannsynligheten for at luken tilgjengelig er lang nok.

For detaljert beskrivelse av formelgrunnlag se informasjon om teoretisk bakgrunn.

### 6.3.3. Teoretisk bakgrunn

For de brukerne som er mer interessert i oppbyggingen av modellen og det matematiske grunnlaget, er det lagt ved en beskrivelse av den teoretiske bakgrunnen til modellen. Den teoretiske bakgrunnen er også å finne i modellen.

#### **Teoretisk bakgrunn**

Modellen er en empirisk modell hvor formelverket baserer seg på både føreratferd og kjøretøyparametere. Den beregner forbikjøringslengde, forbikjøringssikt og sannsynligheten for at forbikjøringen er gjennomførbar. Denne bakgrunnsbeskrivelsen skal sørge for at brukeren av modellen forstår teorier og sammenhenger bak formelverket i modellen. Hver del av modellen blir beskrevet.

Modellen tar utgangspunkt i at en forbikjøring består av fem ulike faser. Tilbakelagt avstand og tid i hver fase er med i beregningene.

I utregningene er det et klart skille mellom hver fase, og hver av fasene er illustrert med start- og sluttposisjon for å visualisere situasjonen for brukeren. Et eksempel fra fase 2 ble vist i Figur 51.

Denne modellen baserer seg på at det aktive kjøretøyet akselererer inntil det har nådd maksimal tillatt hastighet, for så å holde konstant hastighet til kjøretøyet er side om side med passivt kjøretøy. Det forutsettes at maksimal tillatt hastighet nås før slutten av fase 2. Fasene i modellen som beskriver forbikjøringsprosessen er som følger:

#### 1 - Før forbikjøring starter

Fase 1 er tiden det tar å vurdere situasjonen og avgjøre om det er aktuelt å kjøre forbi.

#### 2 - Inntil bilene er side ved side

I fase 2 akselererer det aktive kjøretøyet med gjeldende akselerasjon til det når maksimal tillatt hastighet under forbikjøringen. Når denne er nådd, fortsetter det aktive kjøretøyet i denne hastigheten frem til kjøretøyene er side om side.

#### 3 - Kjøring med konstant hastighet etter passering

Fase 3 varer fra kjøretøyene er side om side til forbikjøringen er avsluttet. Passivt kjøretøy har mulighet til å hjelpe til under forbikjøringen i denne fasen. Aktivt kjøretøy holder konstant hastighet.

#### 4 - Etter forbikjøring er avsluttet

Fase 4 beskriver sikkerhetstiden etter endt forbikjøring. Fasen starter når aktivt kjøretøy har avsluttet forbikjøringen, og varer til det møter et motgående kjøretøy.

#### 5 - Tid før møtende kjøretøy passerer startpunktet

Fase 5 beskriver nødvendig tidsluke for at man kan bruke den til å kjøre forbi. Fase 5 er tiden det motgående kjøretøyet bruker på strekningen fra det møter det aktive kjøretøyet frem til det befinner seg på samme punkt som det aktive kjøretøyet befant seg når fase 1 begynte.

### **Inputparametere i modellen**

#### Kjøretøysparametere

Her skal brukeren informere om kjøretøyet som skal brukes i beregningene. Parameterne gjelder i hovedsak det aktive kjøretøyet. Brukeren får mulighet til å benytte enten hk eller kW som tilgjengelig effekt. Parameterne blir brukt til å beregne motstanden, som virker på kjøretøyet og akselerasjonen. Som en del av kjøretøysparametere må brukeren informere om lengden av det passive kjøretøyet. Denne parameteren er med fordi den påvirker tiden det tar før kjøretøyene er side om side.

#### Førerparametere

Her skal brukeren informere om sjåførene sin kjørestil. Både sjåføren av det aktive og det passive kjøretøyet er interessant her. For sjåføren i det aktive kjøretøyet bestemmer brukeren utnyttelsesgraden av effekten. Denne brukes til å beregne utnyttet effekt i fase 2. I tilfeller hvor forskjellen i starthastighet og maksimal tillatt hastighet for det aktive kjøretøyet er stor må den utnyttede effekten også øke for at kjøretøyet skal kunne akselerere til maksimal tillatt hastighet før fase 2 er over.

Brukeren får også mulighet til å informere om hvordan sjåføren av det passive kjøretøyet hjelper til underveis. Ved å bestemme i hvor stor grad det passive kjøretøyet skal hjelpe til i nedtrekksmenyen og fylle inn data i tilhørende tabell bestemmer brukeren graden av retardasjon til passivt kjøretøy i fase 2.

Avgjørelsestiden bestemmes av brukeren ved hjelp av en egen tabell som henvises til ved hjelp av pil. I denne tabellen får brukeren mulighet til å variere avgjørelsestiden med forskjellen mellom holdt hastighet og ønsket hastighet før forbikjøring til det aktive kjøretøyet. Om denne skal variere lineært bestemmer brukeren.

Sikkerhetstiden bestemmes også av brukeren. Her er det i egen informasjonsboble informert om anbefalte verdier, som er basert på forsøk og intervju.

For tidsluke front-bakende før forbikjøring og tidsluke bakende-front etter forbikjøring finnes det også her tilhørende tabell for å bestemme parameterne, som henvises til ved hjelp av pil. Tidsluken varierer med forskjellen mellom holdt hastighet og tillatt hastighet før eller etter forbikjøringen. Hvordan tidsluken utvikler seg bestemmes av brukeren.

### Grunnlagsdata

Hastighetsutviklingen under forbikjøringen, både for aktivt, passivt og møtende kjøretøy, regnes som grunnlagsdata. Brukeren informerer her om hastighet før forbikjøring og maksimal tillatt hastighet underveis i forbikjøringen, for de ulike kjøretøyene. Hastigheten før forbikjøringen er interessant for både aktivt og passivt kjøretøy, mens maksimal tillatt hastighet under forbikjøringen kun gjelder for aktivt kjøretøy. Hastigheten til det møtende kjøretøyet er interessant for fase 5 av forbikjøringen. Når brukeren har lagt inn all nødvendig informasjon, beregner modellen akselerasjonen til det aktive kjøretøyet og retardasjonen til det passive kjøretøyet. Retardasjonen bestemmes fra data i førerparametere.

Akselerasjonen i modellen er en funksjon av utnyttet effekt i fase 2, en gjennomsnittsverdi av hastigheten før forbikjøring og maksimal tillatt hastighet, motstand og vekt.

$$a = F - FW = \frac{\frac{P}{(V_0 + V_{maks})} - FW}{m}, \text{ (Robert Bosch Gmb, 2007) side 434 og (Børnes og Aakre, 2011)}$$

### Motstand

Her skal brukeren sette verdier for parameterne som påvirker motstandskraften som virker på det aktive kjøretøyet. Parameterne er vist i Figur 53. Alle parameterne som skal gis inputverdier har en informasjonsboble som inneholder anbefalte verdier.



## Motstand

Tetthet luft	$\rho$	1,2 [kg/m <sup>3</sup> ]
Vindhastighet	$v_w$	0 [m/s]
Stigning	$^\circ$	0 [%]
Luftmotstand	$c_w$	0,3
Rullemotstand	$f$	0,011
Luftmotstand	FL	213,3 [N]
Stigningsmotstand	FSt	0,0 [N]
Rullemotstand	Fro	174,6 [N]
Total Kjøre motstand	FW	387,8 [N]

Figur 53: Motstand, utklipp fra FORB-modellen

Tabell 17 viser de tre motstandsparametere som kan være vanskelig å sette og deres anbefalte verdier.

Tabell 17: Parametere for beregning av motstand i FORB-modellen (Robert Bosch Gmb, 2007) side 430-431

Parameter		Anbefaling
Tetthet luft	$\rho$	Ved 200 meter over havet er den 1,202 kg/m <sup>3</sup>
Luftmotstand	$c_w$	For personbil er denne 0,3 - 0,5. For lastebil eller andre store kjøretøy er den 0,6 - 0,8
Rullemotstand	$f$	0,011 på betong, asfalt

Modellen beregner stigningsmotstand (FSt), Luftmotstand (FL) og Rullemotstand (Fro). Formlene er fra *Automotive Handbook*, side 430-441 (Robert Bosch Gmb, 2007). Grunnparametere som inngår i beregningene er som følger:

$m$  = vekt

$^\circ$  = stigningsgrad

$\rho$  = tetthet luft

$c_w$  = luftmotstand

$A$  = tverrsnitt til kjøretøyet

$v_0$  = starthastighet

$v_{maks}$  = maksimal tillatt hastighet underveis i forbikjøringen

$v_w$  = vindhastigheten

$f$  = rullemotstand

$$FSt = 0,1 * m * \rho$$

$$FL = 0,5 * \rho * cw * A * \left( \frac{v_0 + v_{maks}}{2} + v_w \right)^2$$

$$Fro = 10 * m * f$$

Summen av disse motstandene blir den totale kjøremotstanden som virker på kjøretøyet. Den totale kjøremotstanden blir brukt i beregningen av akselerasjonen.

Luftmotstanden er beregnet for hver km/t økning i hastighet. Hvor stor luftmotstand som virker på kjøretøyet beregnes ved å finne gjennomsnittet av den beregnede luftmotstanden innenfor den hastighetsøkningen som modelleres. Denne beregningen finnes i modellen i et eget ark for beregning av luftmotstand.

### **Outputparametere i modellen**

Bevegelsesligningene har vært viktige for å beregne tid og avstand tilbakelagt i hver fase. 1, 3 og 5 er mest brukt. Grunnparametere som inngår i beregningene er som følger:

a = akselerasjon

v = sluthastighet

u = starthastighet

t = tid

s = avstand

1.  $at = v - u$  eller  $v = u + at$

2.  $s = \frac{1}{2}(u + v)t$

3.  $s = ut + \frac{1}{2}at^2$

4.  $v^2 = u^2 + 2as$

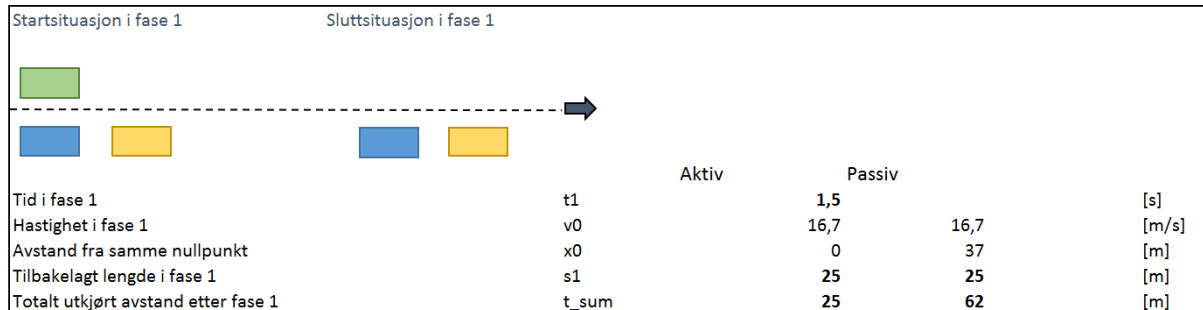
5.  $s = vt - \frac{1}{2}at^2$

#### Fase 1 - før forbikjøringen starter

Tid i fase 1 er det samme som avgjørelsestiden. Tilbakelagt lengde i fase 1 beregnes ut fra tid i fase 1 og hastigheten som holdes før forbikjøring.  $S_1 = v_0 * t_a$

Totalt utkjørt avstand etter fase 1 vil være forskjellig for aktivt og passivt kjøretøy. Det aktive kjøretøyet har kjørt like langt som tilbakelagt lengde i fase 1. Det passive kjøretøyet derimot

regner vi med at ligger foran det aktive kjøretøyet fra startpunktet og denne avstanden blir derfor tilbakelagt lengde i fase 1, men pluss tidsluken ganget med hastigheten før forbikjøringen + lengden av det aktive kjøretøyet. Utklipp fra fase 1 i modellen er vist i Figur 54.

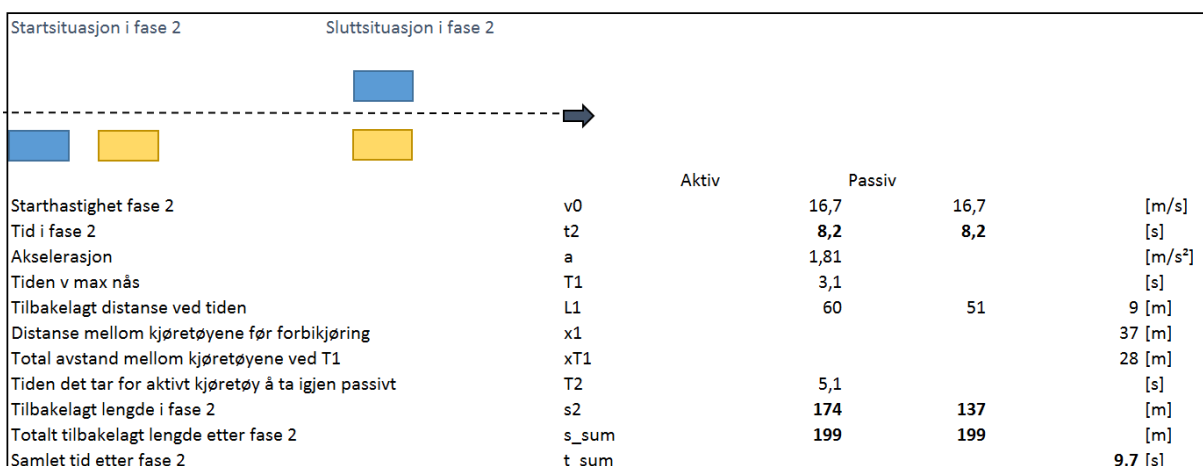


Figur 54: Fase 1, utklipp fra FORB-modellen

### Fase 2 - Inntil bilene er side om side

I denne fasen er det interessant å vite når bilene når side om side. Det forutsettes at det aktive kjøretøyet rekker å akselerere til maksimal tillatt hastighet i løpet av fase 2.

Tiden det tar til  $V_{maks}$  nås regnes ut sammen med tilbakelagt distanse for begge kjøretøyene ved denne tiden. Ved  $T_1$ , når  $V_{maks}$  nås, finnes den totale avstanden mellom kjøretøyene som er avstanden det aktive kjøretøyet må ta igjen i konstant hastighet. Med denne informasjonen beregnes tilbakelagt lengde i fase 2, totalt tilbakelagt lengde etter fase 2 (som er summen av lengden i fase 1 og 2), og samlet tid etter fase 2 (som er summen av tiden i fase 1 og 2). Utklipp fra fase 2 i modellen er vist i Figur 55.



Figur 55: Fase 2, utklipp fra FORB-modellen

### Fase 3 - Kjøring med konstant hastighet etter passering

I fase 3 forutsettes det at aktivt kjøretøy holder maksimal tillatt hastighet i hele fasen. Det passive kjøretøyet derimot har mulighet til å bremse for å hjelpe til under forbikjøringen.

I tilfeller der passivt kjøretøy får en så høy retardasjon at kjøretøyet rekker å rygge på tilgjengelig tid tar modellen utgangspunkt i at hastigheten forblir null, og at kjøretøyet står stille fremfor å rygge. Dette påvirker tilbakelagt lengde i fasen.

Modellen beregner T uavhengig av sluttthastighet som er tiden det tar å gjennomføre fase 3 ved hjelp av en andregradsligning, men siden sluttthastigheten er overstyrt hvis den er lavere enn null blir er det en egen hvis-setning som avgjør hvor lenge fase 3 varer.

Andregradsligningen er som følger:

a = akselerasjon

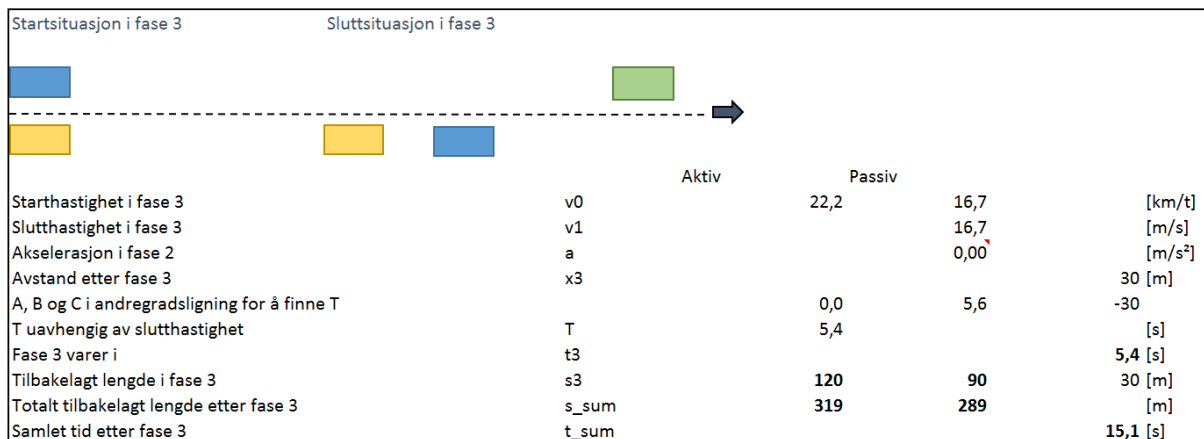
b = forskjellen i starthastighet

c = forskjellen i avstand

Andregradsligningen er basert på bevegelseslikning 5. Hvis-setningen som avgjør tiden i fase 3, kontrollerer om akselerasjonen er null eller om den er negativ. Hvis den er null, beregnes

$$\text{tiden i fasen som: } t = \frac{x_3}{v_0 \text{ aktiv} - v_0 \text{ passiv}}$$

Med den kjente tiden beregner modellen tilbakelagt lengde i fase 3, total tilbakelagt lengde i fase 3, og samlet tid etter fase 3. Utklipp fra fase 3 i modellen er vist i Figur 56.



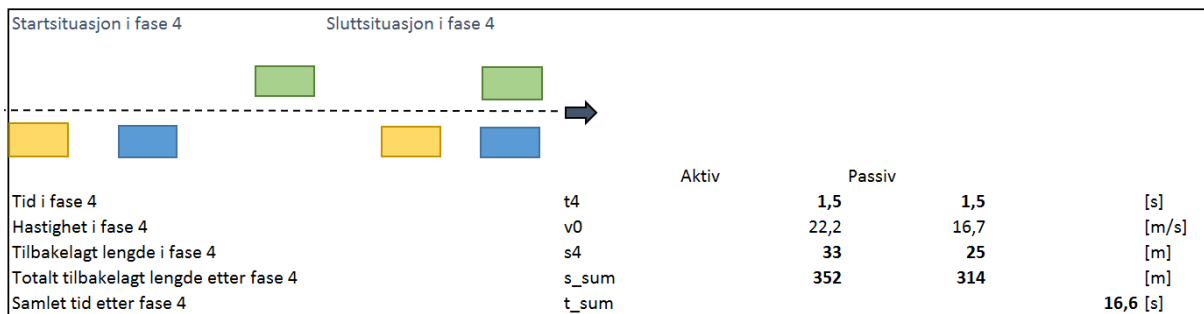
The diagram shows a horizontal axis representing distance. A dashed line indicates the path. A blue bar represents the start situation, and a green bar represents the end situation. Below the axis, a yellow bar is labeled 'Aktiv' and a blue bar is labeled 'Passiv'. The table below provides the numerical values for these parameters.

		Aktiv	Passiv	
Starthastighet i fase 3	v0	22,2	16,7	[km/t]
Sluttthastighet i fase 3	v1		16,7	[m/s]
Akselerasjon i fase 2	a		0,00	[m/s <sup>2</sup> ]
Avstand etter fase 3	x3			30 [m]
A, B og C i andregradsligning for å finne T		0,0	5,6	-30
T uavhengig av sluttthastighet	T	5,4		[s]
Fase 3 varer i	t3			5,4 [s]
Tilbakelagt lengde i fase 3	s3	120	90	30 [m]
Totalt tilbakelagt lengde etter fase 3	s_sum	319	289	[m]
Samlet tid etter fase 3	t_sum			15,1 [s]

Figur 56: Fase 3, utklipp fra FORB-modellen

#### Fase 4 - Etter forbikjøring er avsluttet

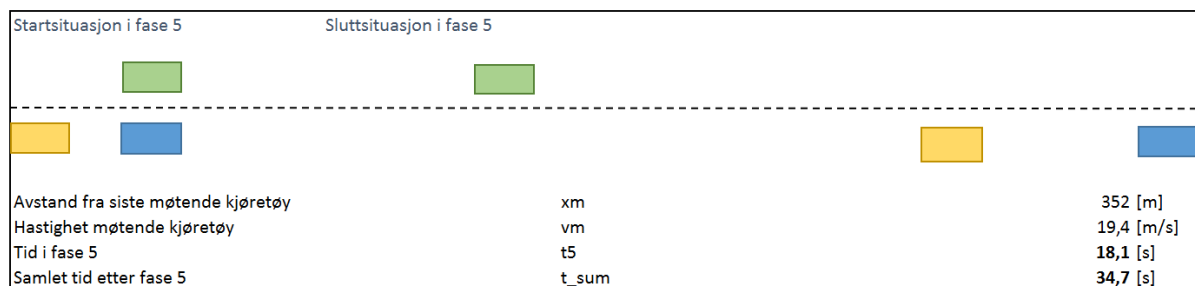
Tid i fase 4 er det samme som sikkerhetstiden, altså tiden til du møter møtende kjøretøy. Tilbakelagt tid og avstand i denne fasen baserer seg på vanlig vei, fart, tid - formler fordi det antas at alle de involverte kjøretøyene kjører med konstant hastighet. Utklipp fra fase 4 i modellen er vist i Figur 57.



Figur 57: Fase 4, utklipp fra FORB-modellen

### Fase 5 - Tid før møtende kjøretøy passerer startpunktet

Denne avstanden tar utgangspunkt i avstanden fra siste møtende kjøretøy og beregner ut fra dette, og hastigheten til møtende kjøretøy, hvor lang tid møtende kjøretøy bruker på å tilbakelegge denne avstanden. Denne tiden blir tiden i fase 5. Tiden i fase 5 sier noe om nødvendig tidsluke i motgående trafikk for at det skal være mulig å gjennomføre en forbikjøring. Utklipp fra fase 5 i modellen er vist i Figur 58.



Figur 58: Fase 5, utklipp fra FORB-modellen

Med dette beregner modellen:

**Total forbikjøringslengde** er summen av tilbakelagt avstand i fase 2 og 3.

**Total forbikjøringsstid** er summen av tilbakelagt lengde i alle fasene (1 - 4).

**Nødvendig tidsluke** er samlet tid etter fase 5 (summen av tiden i fase 1-5).

**Sannsynlighet for at forbikjøringen er gjennomførbar** (Børnes, Sakshaug og Aakre, 2004)

Til å begynne med etterspør modellen informasjon om trafikksituasjonen.

Det er mulig å beregne sannsynligheten også for en fremtidig situasjon ved å angi år 0 og år n.

Trafikkveksten per år angis for å finne resultater for den perioden det er ønskelig å se på.

Fordi døgntrafikken varierer er det valgt å bruke en andel av døgntrafikken i betraktet time.

Prosentandelen i betraktet time bestemmes av brukeren.

Brukeren bestemmer også retningsfordelingen av bilene. Modellen er bygget opp slik at forbikjøringen skjer i retning 1 og luken må derfor være tilgjengelig i retning 2.

Videre baserer modellen seg på eksponentialfordelte tidsluker i motgående trafikk. Nødvendig tidsluke avhenger av summen av tilbakelagt tid i alle fasene. Sannsynligheten for stor nok tidsluke beregnes derfor ut fra alle fasene. Sannsynligheten tilsvarer hvor mange muligheter som dukker opp i trafikken i motgående retning (2). Sannsynligheten som modellen beregner er kun avhengig av trafikken. I praksis vil denne også avhenge av siktforhold, hastigheter, kurvatur ol.

#### 6.3.4. Løsning for parametere

Inputparametere i FORB-modellen ble presentert i Tabell 16 på side 71. I FORB-modellen blir det gitt en anbefalt verdi til flere av parametere for å gjøre det enklere for brukeren. På hvilken bakgrunn denne anbefalingen er gitt presenteres her.

#### **Kjøretøyeigenschaften og motstand**

Anbefalinger til parametere tilknyttet kjøretøyeigenschaften og motstand stammer i hovedsak fra relevante håndbøker. I denne sammenhengen er det snakk om vekt, lengde av kjøretøyet, tverrsnitt av kjøretøyet, tettheten til luft, luftmotstand og rullemotstand. Verdiene til disse parametere er hentet fra Statens vegvesen sine håndbøker og *Automobile handbook* (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2014a; Robert Bosch Gmb, 2007).

Tilgjengelig effekt er anbefalt til å være minimum 5,89 kW per tonn av største totalvekt etter § 23-1 i kjøretøyforskriften (Lovdata). Vindhastighet og graden av stigning i terrenget er parametere som påvirker utregningen av total kjøremotstand, men de har ingen anbefalt verdi i modellen fordi det antas at brukeren har kjennskap til hva som er naturlige verdier å bruke på disse parametere.

#### **Grunnlagsdata**

Fordi hastigheten til det aktive kjøretøyet vil variere med trafikksituasjonen som modelleres er det ikke gitt noen anbefalt verdi for hvor høy starthastigheten og maksimal tillatt hastighet underveis i forbikjøringen brukeren bør benytte. Riktignok fant Harwood, *et al.* (2008) ut i sin forskning at når det aktive kjøretøyet akselererer holder det i gjennomsnitt 16 km/t høyere hastighet enn det passive kjøretøyet holder. Denne verdien ble i tillegg anbefalt å endre til 19 km/t. Resultatene fra intervjurunden viser at de fleste intervjuobjektene holder 20 km/t høyere hastighet underveis i forbikjøringen. Ingen av intervjuobjektene var fremmed for å bryte fartsgrensen underveis i forbikjøringen, og dette er viktig å ta stilling til når man modellerer

forbikjøring. Påliteligheten til resultatene fra intervjurunden er drøftet i kapittel 5.2.8 Svakheter og begrensninger, men i dette tilfellet avviker ikke resultatet mye fra annen forskning.

### **Førerparametere**

De resterende parameterne er knyttet til føreratferd og har anbefalte verdier på bakgrunn av eksisterende litteratur, eksisterende modeller eller datainnsamling utført i denne oppgaven.

I forbikjøringsforsøkene ble det ikke samlet inn data som kan gi inntrykk av hva som er en reell retardasjon i tilfeller hvor det aktive kjøretøyet velger å avbryte forbikjøringen, Glennon (1988) og Hassan, Easa og El Halim (1996) har derimot kommet frem til at retardasjon ved avbrutt forbikjøring er lik  $2,4 \text{ m/s}^2$ . Et kjøretøy som holder hastigheten  $60 \text{ km/t}$ , som starter å bremse med denne retardasjonen, og som bremser i 3 sekunder har redusert hastigheten til omtrent  $35 \text{ km/t}$ . Det betyr at hastigheten nesten er halvert. Denne oppbremsingen er et godt bidrag for at det aktive kjøretøyet skal klare å fullføre forbikjøringen hvis det oppstår tidspress.

SINTEF-modellen gir brukeren mulighet til å gi en verdi for retardasjon til det passive kjøretøyet. Hvis brukeren ikke bestemmer denne, beregner modellen en retardasjon basert på hastighetsinput. Retardasjonen øker med høyere hastighet. For hver  $10 \text{ km/t}$  økning i hastighet øker retardasjonen med  $0,04 \text{ m/s}^2$ . I FORB-modellen utviklet i denne oppgaven har brukeren mulighet til å gi en retardasjonsverdi basert på i hvor stor grad det passive kjøretøyet skal hjelpe til. Hva slags retardasjonsparametere brukeren velger, i forhold til graden av oppbremsing, er opp til hver enkelt. Det er anbefalt at verdien for retardasjon i FORB-modellen ikke er større enn  $2,4 \text{ m/s}^2$  for at situasjonen skal være så realistisk som mulig.

Hvor stor avstand sjåføren i det aktive kjøretøyet ønsker å holde til kjøretøyet det skal passere, eller har passert, avhenger av type sjåfør og trafikksituasjon. En aggressiv sjåfør vil trolig holde en kortere avstand enn en offensiv sjåfør. I tillegg vil avstanden mellom kjøretøyene reduseres i en situasjon hvor man havner bak et svært saktegående kjøretøy, og hastighetsforskjellen mellom holdt hastighet og ønsket hastighet er stor fordi man blir utålmodig og vil forbi. Dette med bakgrunn i intervjurunden.

Blant intervjuobjektene var det mange som uttalte seg om at de generelt holder 2 sekunder avstand til kjøretøyet foran før forbikjøring. Dette er den samme parameteren som heter tidsluke front-bakende før forbikjøring i FORB-modellen. Mange av intervjuobjektene informerte om at de begynner akselereringen i eget kjørefelt, før de beveger seg over i motgående kjørefelt. Det betyr at det er stor usikkerhet knyttet til denne oppgitte verdien i datainnsamlingen. Denne

usikkerheten kommer i tillegg til usikkerheten knyttet til at parameteren er basert på tid oppgitt av intervjuobjektene. Generelt er det knyttet stor usikkerhet til svarene oppgitt i tid, som er nærmere drøftet i kapittel 5.2.8 Svakheter og begrensninger.

Andre kilder som uttaler seg om tidsluke er *Passing sight distance on two-lane highways: review and revision* (Hassan, Easa og El Halim, 1996) og *Forbikjøring -Grunnlag for revisjon av Håndbok 017 Veg- og gateutforming* (Børnes, Sakshaug og Aakre, 2004). Hassan, Easa og El Halim (1996) bruker 1 sekund som intervall mellom kjøretøyene. SINTEF-modellen bruker 1,5 sekunder som minimum tidsforskjell mellom kjøretøyene, både før forbikjøringen starter og i det den avslutter. I det forbikjøringen avslutter er det parameteren tidsluke bakende-front etter forbikjøring som er interessant. De fleste intervjuobjektene benyttet bakspeilet for å vurdere når det var god nok avstand til å legge seg tilbake i opprinnelig kjørefelt. I tillegg var det mange av deltakerne som var kjent med 3-sekunders regelen, som sier at tidsluken mellom kjøretøyene skal være tre sekunder.

Resultatene fra forbikjøringsforsøkene viser at kjøretøyene holdt en avstand på i underkant av 2 sekunder, noen ganger nærmere 1 sekund, når det aktive kjøretøyet la seg tilbake i opprinnelig kjørefelt igjen. I alle tilfellene når personbil passerte personbil var avstanden mellom dem 20 og 30 meter når det aktive kjøretøyet la seg tilbake i opprinnelig kjørefelt. I tilfellene når lastebil passerte personbil var avstanden mellom kjøretøyene omtrent 1,5 sekunder i samme punktet. Denne gangen strakk avstanden seg heller mot 2 sekunder enn mot 1 sekund i forsøkene, som avviker fra 1,5 sekunder. I tilfellene når personbil passerte lastebil var tidsluken til bakende-front etter forbikjøring større. Avstanden var mellom 2 og 3 sekunder, og mange av tilfellene ga over 2,5 sekunder.

I anbefalingen av tidslukeparameterne er det valgt å anbefale minimum 1 sekund og maksimum 3 sekunder, både før og etter forbikjøring. Hvis det aktive kjøretøyet legger seg inn foran kjøretøyet som har blitt passert med mindre enn ett sekund tidsluke, vil det oppleves som nærme for sjåføren av det passive kjøretøyet. Samtidig er det viktig å huske på at hastighetsforskjellen mellom de to kjøretøyene ofte er større når forbikjøringen avsluttes. Når det aktive kjøretøyet kjører i høyere hastighet enn det passive kjøretøyet, betyr det at tidsluken mellom dem fortsetter å øke. Det kan derfor tolereres at tidsluken etter forbikjøring er lav fordi den øker raskt.

Å kartlegge tiden intervjuobjektene bruker til å vurdere om de skal kjøre forbi viste seg å være utfordrende. Noen klare verdier på avgjørelsestiden kom ikke frem i datainnsamlingen. Likevel



var det mange av deltakerne som kunne beskrive at avgjørelsestiden blir kortere hvis de befinner seg i en situasjon hvor de kjører bak et saktegående kjøretøy, som en traktor. Når hastighetsforskjellen mellom ønsket hastighet og den faktiske holdte hastigheten blir betydelig stor, blir fokuset på å passere kjøretøyet større. Da er det tilgjengelig sikt som blir avgjørende for når sjåføren passerer. Glennon (1988) uttrykker avgjørelsestiden som 1 sekund. Børnes, Sakshaug og Aakre (2004) anbefaler 1,5 sekund avgjørelsestid. I FORB-modellen er det lagt opp til at avgjørelsestiden avhenger av forskjellen mellom holdt hastighet og maksimal tillatt hastighet på bakgrunn av datainnsamlingen. I anbefalingen av parameteren for avgjørelsestiden er det valgt å anbefale minimum 1 sekund. Ingen maksimumsverdi er anbefalt.

Når det gjelder sikkerhetstiden, er det en parameter som i stor grad lar seg påvirke av hva slags type sjåfør det er som kjører det aktive kjøretøyet. Noen vil føle at 2 sekunder er kort sikkerhetstid, andre vil føle at 2 sekunder er mer enn nok. Hvis en anbefalt verdi for denne parameteren skal bestemmes ut i fra datainnsamlingen, er det nødvendig å anbefale mellom 3 og 5 sekunder sikkerhetstid, noe som blir en høy verdi. Hvorfor denne parameteren har så høye verdier er kommentert i kapittel 5.2.8 Svakheter og begrensninger.

Med tanke på at FORB-modellen skal kunne benyttes til vegutforming er det ikke fornuftig å bruke en unødvendig høy verdi på inputparameterne. Sikkerhetstiden avgjør hvor lang fase 4 blir, som påvirker den totale forbikjøringssikten. I teorien kunne sikkerhetstiden vært nærmere 0 sekunder uten at de involverte kjøretøyene ville kollidert, men siden det er viktig å tenke på at sjåførene ikke skal sitte med hjertet i halsen når forbikjøringen er avsluttet, er det naturlig å legge inn en sikkerhetsmargin. SINTEF-modellen bruker 1,5 sekunder sikkerhetstid. Anbefalt verdi for sikkerhetstid i FORB-modellen ligger mellom 1,5 – 2,5 sekunder. I en situasjon hvor både aktivt kjøretøy og motgående kjøretøy holder 80 km/t tilsvarer en sikkerhetstid på 1,5 sekunder 67 meter. 2,5 sekunder vil tilsvare 111 meter. 2,5 sekunder er mye, men fordi intervjuobjektene var klare på at de ønsket en lang sikkerhetstid, mye lengre enn 67 meter, er det valgt å ta hensyn til dette i anbefalingen.

## 6.4. Sammenligning av FORB-modellen og SINTEF-modellen

SINTEF-modellen gir resultater for forbikjøringslengde, forbikjøringssikt og sannsynligheten for at forbikjøringen er mulig å gjennomføre. Dette er den samme outputdataen som FORB-modellen gir. Bakgrunnen for å sammenligne resultatene fra FORB-modellen med SINTEF-modell er derfor god.

Datainnsamlingen har satt ramme for resultatet i FORB-modellen, og derfor er fase 2 og 3 i modellene sammenlignet med resultatene fra forbikjøringsforsøkene, for å se hvordan resultatene stemmer overens. Forbikjøringslengdene de to modellene gir som resultat blir i tillegg sammenlignet med dagens krav. Dette til tross for at fase 2 ikke har de samme forutsetningene i de to forskjellige modellene.

Det er gjennomført to sammenligninger så leseren får inntrykk av hvordan resultatene fra de to forskjellige modellene er i forhold til hverandre. Resultatene som ikke er like i de to modellene er skrevet i *kursiv*. I de områdene hvor det er oppgitt to resultater, er resultatet til venstre gjeldende for aktivt kjøretøy, og resultatet til høyre gjeldende for passivt kjøretøy. Dette er for eksempel gjort i de områdene der tilbakelagt avstand for de to kjøretøyene er forskjellig.

### 6.4.1. Sammenligning 1

I den første sammenligningen ble det tatt utgangspunkt i at personbil passerer personbil, og at det passive kjøretøyet ikke hjelper til underveis i forbikjøringen. Det aktive kjøretøyet har maksimal tillatt hastighet lik 80 km/t, og det passive kjøretøyet holder 60 km/t. Inngangsdataen som ble brukt i denne sammenligningen anses som svært realistisk. De andre forutsetningene satt for sammenligningen er vist i Tabell 18.

Tabell 18: Forutsetninger brukt i sammenligning 1 av modellene

Parameter	Brukt verdi
Lengde av kjøretøyene	5 m
Avgjørelsestid	1,5 sek
Sikkerhetstid	1,5 sek
Tidsluke front-bakende før forbikjøring	1,5 sek
Tidsluke bakende-front etter forbikjøring	1,5 sek
Hastighet før forbikjøring aktivt kjøretøy	60 km/t
Hastighet før forbikjøring passivt kjøretøy	60 km/t
Hastighet under forbikjøring aktivt kjøretøy	80 km/
Hastighet etter forbikjøring motgående kjøretøy	70 km/t
Akselerasjon aktivt kjøretøy	1,47 m/s <sup>2</sup>
Akselerasjon passivt kjøretøy	0 m/s <sup>2</sup>
ÅDT i dag	6000 kjt/døgn
År 0	2005
År n	2025
Trafikkvekst per år	1,8 %
Andel døgn	100 %
Andel av døgntrafikk i betraktet time	8 %
Retning 1	50 %

SINTEF-modellen og FORB-modellen har ikke nøyaktig de samme parameterne. Derfor er det noen tilleggsopplysninger om parameterne i FORB-modellen som ble brukt i sammenligningen:

- Kjøretøyets vekt = 1587 kg
- Kjøretøyets tverrsnitt = 2 m<sup>2</sup>
- Tilgjengelig effekt = 103 kW
- Utnyttelsesgraden av effekt = 50 %

Med forutsetningene vist i Tabell 18, og tilleggsopplysningene over ble resultatene i de to modellene som vist i Tabell 19 - Tabell 24.

Det ble valgt å sammenligne resultatene i hver fase av modellene i tillegg til sluttresultatet. Selv om fase 2 og 3 er definert forskjellig beskriver begge tiden og avstanden det aktive kjøretøyet befinner seg i motgående kjørefelt.

Tabell 19: Sammenligning 1 av resultatene i fase 1

<b>Fase 1</b>	SINTEF-modellen	FORB-modellen
Tid i fase 1	1,5 sek	1,5 sek
Hastighet i fase 1	16,7 m/s	16,7 m/s
Avstand fra samme nullpunkt	30 m forskjell	30 m forskjell
Tilbakelagt lengde i fase 1	25 m	25 m
Totalt utkjørt avstand etter fase 1	25 m / 55 m	25 m / 55 m

I fase 1 er resultatene fra de to forskjellige modellene like. Dette kommer av at avgjørelsestiden ble satt lik 1,5 sekunder i sammenligningen, og det er denne tiden som avgjør tilbakelagt avstand i fasen. Denne fasen lar seg ikke sammenligne med resultater fra forbikjøringsforsøk fordi det er vanskelig å bestemme avgjørelsestiden med den benyttede metoden. Resultatene fra forbikjøringsforsøkene gir ingen resultater for tid og avstand i fase 1 fordi alle forsøkene var planlagt.

Tabell 20: Sammenligning 1 av resultatene i fase 2

<b>Fase 2</b>	SINTEF-modellen	FORB-modellen
Tid i fase 2	6,4 sek	7,3 sek
Slutthastighet i fase 2 (aktiv)	26,1 m/s	Maks 22,2 m/s
Tilbakelagt lengde i fase 2	136 m / 106 m	151 m / 121 m
Totalt utkjørt avstand etter fase 2	161 m	176 m
Samlet tid etter fase 2	7,9 sek	8,8 sek

Tiden i fase 2 blir lengre i FORB-modellen enn i SINTEF-modellen. Det kommer av at det aktive kjøretøyet i FORB-modellen ikke har mulighet til å akselerere i hele fase 2, men kun opp til maksimal tillatt hastighet. Dette kommer også frem i tallene for hastigheten i fasen. I SINTEF-modellen er slutthastigheten omtrent 95 km/t, mens den er 80 km/t i FORB-modellen. Disse hastighetene oppnås fordi akselerasjonen er 1,47 m/s<sup>2</sup>. I FORB-modellen er det hastigheten som begrenses, mens i SINTEF-modellen er det akselerasjonen som må begrenses for at hastigheten ikke skal bli for høy. I sammenligningen er akselerasjonen i SINTEF-modellen overstyrt til å bli 1,47 m/s<sup>2</sup>. Dersom man lar SINTEF-modellen beregne akselerasjonen på egenhånd blir den 1 m/s<sup>2</sup>. Med akselerasjon lik 1 m/s<sup>2</sup> når ikke det aktive kjøretøyet høyere hastighet enn 88 km/t i fase 2, og fasen varer da i 7,8 sekunder fremfor 6,4 sekunder. 88 km/t nås i det kjøretøyetene er side om side.

Sammenlignet med forbikjøringsforsøkene virker tiden i fase 2 fornuftig for begge modellene. I datainnsamlingen ble to forsøk gjennomført med de samme hastighetene som er benyttet i sammenligningen. Fase 2 i disse forbikjøringsforsøkene varte i 7 sekunder og 6 sekunder. Akselerasjonen i de representative forbikjøringsforsøkene ligger mellom  $0,56 \text{ m/s}^2 - 0,83 \text{ m/s}^2$ , noe som er lavere enn begge modellene viser. Dette kan skyldes at sjåførene av kjøretøyene i forsøkene ikke benyttet samme utnyttelsesgraden av effekt som FORB-modellen bruker. I FORB-modellen er det aktive kjøretøyet oppe i maksimal tillatt hastighet i løpet av 3,8 sekunder. I forbikjøringsforsøkene nådde ikke aktivt kjøretøy 80 km/t før det var gått nærmere 10 sekunder. Dette kan forklare den store forskjellen i akselerasjon.

Tabell 21: Sammenligning 1 av resultatene i fase 3

<b>Fase 3</b>	SINTEF-modellen	FORB-modellen
Tid i fase 3	3,2 sek	5,4 sek
Hastighet i fase 3	26,1 m/s / 16,7 m/s	22,2 m/s / 16,7 m/s
Tilbakelagt lengde i fase 3	83 m / 53 m	120 m / 90 m
Totalt utkjørt avstand etter fase 3	245 m / 215 m	296 m / 266 m
Samlet tid etter fase 3	11,1 sek	14,2 sek

Resultatene i Tabell 21 er med bakgrunn i akselerasjon lik  $1,47 \text{ m/s}^2$ . Med denne akselerasjonen blir tiden i fase 3 betydelig mye lengre i FORB-modellen. Dette kommer av at hastighetsforskjellen mellom det aktive og det passive kjøretøyet er mye lavere i FORB-modellen enn den er i SINTEF-modellen. I SINTEF-modellen holder det aktive kjøretøyet konstant hastighet i fase 3, og fortsetter med slutt hastigheten fra fase 2 som var 95 km/t. Med denne høye hastigheten tar det kortere tid å kjøre den tilstrekkelige avstanden forbi det passive kjøretøyet, som er en forhåndsbestemt avstand.

Hvis sammenligningen gjøres med utgangspunkt i akselerasjon lik  $1 \text{ m/s}^2$ , blir hastigheten 88 km/t og tiden i fase 3 blir 3,9 sek. Fortsatt lavere enn i FORB-modellen, men nærmere.

Sammenlignet med forbikjøringsforsøkene virker tiden i fase 3 lav. Som sammenligningen viser er det små marginer som skal til for store endringer i tiden i fase 3. I resultatene fra begge de representative forbikjøringsforsøkene varer fase 3 i 7 sekunder. Den lange tiden kan skyldes at det aktive kjøretøyet bremses i noen sekunder i løpet av forsøket i fase 3. Dette blir trolig gjort av sjåføren for å holde den planlagte hastigheten.

Tabell 22: Sammenligning 1 av resultatene i fase 4

<b>Fase 4</b>	SINTEF-modellen	FORB-modellen
Tid i fase 4	1,5 sek	1,5 sek
Hastighet i fase 4	26,1 m/s / 16,7 m/s	22,2 m/s / 16,7 m/s
Tilbakelagt lengde i fase 4	39 m / 25 m	33 m / 25 m
Totalt utkjørt avstand etter fase 4	284 m / 240 m	330 m / 291 m
Samlet tid etter fase 4	12,6 sek	15,7 sek

Tiden i fase 4 er den samme for begge modellene fordi sikkerhetstiden er oppgitt som inputparameter. I og med at hastigheten til det aktive kjøretøyet er ulik blir ikke tilbakelagt avstand lik i denne fasen. For fase 4 finnes det ingen innsamlet data fra forbikjøringsforsøk som kan brukes til sammenligning.

Tabell 23: Sammenligning 1 av resultatene i fase 5

<b>Fase 5</b>	SINTEF-modellen	FORB-modellen
Tid i fase 5	14,6 sek	17,0 sek
Hastighet til møtende kjøretøy i fase 5	19,4 m/s	19,4 m/s
Avstand fra siste møtende kjøretøy	284 m	330 m
Samlet tid etter fase 5	27,2 sek	32,7 sek

Heller ikke for fase 5 finnes det innsamlet data som kan brukes til sammenligning.

Tiden i fase 5 er forskjellig fordi avstanden fra siste møtende kjøretøy er lengre i FORB-modellen enn i SINTEF-modellen. Årsaken til dette stammer fra fase 2 og 3. Den samlede tiden etter fase 5 gir utrykk for nødvendig tidsluke i motgående trafikk for å kunne gjennomføre forbikjøringen. Resultatene viser at det blir vanskeligere å finne stor nok luke i FORB-modellen enn i SINTEF-modellen.

Sluttresultatene fra sammenligning 1 er vist i Tabell 24.

Tabell 24: Resultater fra sammenligning 1 av de to modellene

<b>Sluttresultater</b>	SINTEF-modellen	FORB-modellen
Total forbikjøringslengde	219 m	271 m
Total forbikjøringsstakt	284 m	330 m
Sannsynlighet for lang nok tidsluke i motgående trafikk, år 0	16,3 %	11,3 %
Sannsynlighet for lang nok tidsluke i motgående trafikk, år n	7,5 %	4,5 %

De representative forbikjøringsforsøkene i denne sammenligningen ga total forbikjøringslengde lik 302 meter og 274 meter. Ingen avskrekkende verdier i forhold til hva modellene gir. FORB-modellen ser vi får ganske likt resultat som det ene forbikjøringsforsøket.

Forbikjøringslengden i de to modellene og i forbikjøringsforsøkene ligger langt under dagens krav til forbikjøringslengde. Kravene er riktignok gitt for hastighetene 80 km/t og 90 km/t. For 80 km/t er kravet til forbikjøringslengde 450 m.

#### 6.4.2. Sammenligning 2

I den andre sammenligningen tas det utgangspunkt i at personbil passerer personbil, og at det passive kjøretøyet ikke hjelper til underveis i forbikjøringen. I denne sammenligningen er hastighetsforskjellene mellom kjøretøyene lavere. Det aktive kjøretøyet har maksimal tillatt hastighet lik 90 km/t, og det passive kjøretøyet holder 80 km/t. Inputparameterne er like som i forrige sammenligning, bortsett fra hastighetsinputene og akselerasjonen til aktivt kjøretøy. Endringene er vist i Tabell 25.

Tabell 25: Forutsetninger brukt i sammenligning 2 av modellene

Parameter	Brukt verdi
Hastighet før forbikjøring aktivt kjøretøy	80 km/t
Hastighet før forbikjøring passivt kjøretøy	80 km/t
Hastighet under forbikjøring aktivt kjøretøy	90 km/
Hastighet etter forbikjøring motgående kjøretøy	80 km/t
Akselerasjon aktivt kjøretøy	0,67 m/s <sup>2</sup> (SINTEF-modellen) 1,14 m/s <sup>2</sup> (FORB-modellen)
Akselerasjon passivt kjøretøy	0 m/s <sup>2</sup>

Med forutsetningene vist i Tabell 25 ble resultatene i de to modellene som vist i Tabell 26 - Tabell 31. Denne gangen overstyres ikke akselerasjonen i SINTEF-modellen fordi man kunne se i forrige sammenligning at SINTEF-modellen sine resultater lignet mer på resultatene fra FORB-modellen når SINTEF-modellen fikk beregne akselerasjonen selv. I denne sammenligningen blir alle resultatene presentert før det avsluttes med en felles oppsummering av resultatene.

Tabell 26: Sammenligning 2 av resultatene i fase 1

<b>Fase 1</b>	SINTEF-modellen	FORB-modellen
Tid i fase 1	1,5 sek	1,5
Hastighet i fase 1	22,2 m/s	22,2 m/s
Avstand fra samme nullpunkt	38 m forskjell	38 m forskjell
Tilbakelagt lengde i fase 1	33 m	33 m
Totalt utkjørt avstand etter fase 1	33 m / 72 m	33 m / 72 m

Tabell 27: Sammenligning 2 av resultatene i fase 2

<b>Fase 2</b>	SINTEF-modellen	FORB-modellen
Tid i fase 2	10,7 sek	15,0 sek
Slutthastighet i fase 2 (aktiv)	29,4 m/s	Maks 25,0 m/s
Tilbakelagt lengde i fase 2	277 m / 238 m	372 m / 334 m
Totalt utkjørt avstand etter fase 2	310 m	405 m
Samlet tid etter fase 2	12,2 sek	16,5 sek

Tabell 28: Sammenligning 2 av resultatene i fase 3

<b>Fase 3</b>	SINTEF-modellen	FORB-modellen
Tid i fase 3	5,4 sek	13,8 sek
Hastighet i fase 3	29,4 m/s / 22,2 m/s	25,0 m/s / 22,2 m/s
Tilbakelagt lengde i fase 3	157 m / 119 m	345 m / 307 m
Totalt utkjørt avstand etter fase 3	467 m / 429 m	750 m / 712 m
Samlet tid etter fase 3	17,6 sek	30,3 sek

Tabell 29: Sammenligning 2 av resultatene i fase 4

<b>Fase 4</b>	SINTEF-modellen	FORB-modellen
Tid i fase 4	1,5 sek	1,5 sek
Hastighet i fase 4	29,4 m/s / 22,2 m/s	25,0 m/s / 22,2 m/s
Tilbakelagt lengde i fase 4	44 m / 33 m	38 m / 33 m
Totalt utkjørt avstand etter fase 4	512 m / 462 m	788 m / 745 m
Samlet tid etter fase 4	19,1 sek	31,8 sek

Tabell 30: Sammenligning 2 av resultatene i fase 5

<b>Fase 5</b>	SINTEF-modellen	FORB-modellen
Tid i fase 5	23,0 sek	35,5 sek
Hastighet til møtende kjøretøy i fase 5	22,2 m/s	22,2 m/s
Avstand fra siste møtende kjøretøy	512 m	788 m
Samlet tid etter fase 5	42,1 sek	67,3 sek



Tabell 31: Resultater fra sammenligning 2 av de to modellene

<b>Sluttresultater</b>	SINTEF-modellen	FORB-modellen
Total forbikjøringslengde	434 m	717 m
Total forbikjøringsstrek	512 m	788 m
Sannsynlighet for lang nok tidsluke i motgående trafikk, år 0	6,0 %	1,1 %
Sannsynlighet for lang nok tidsluke i motgående trafikk, år n	1,8 %	0,2 %

Resultatene fra sammenligning 2 viser samme trend som forrige sammenligning. Forskjellene i resultatene fra de to modellene oppstår i fase 2, hvor akselerasjonsutviklingen er forskjellig.

Det er i fase 2 modellene får forskjellige resultater på grunn av forskjellen i hvordan de lar det aktive kjøretøyet akselerere. Dette påvirker resultatene i fase 3 på grunn av hastighetsforskjellen mellom kjøretøyene. Større hastighetsforskjell mellom kjøretøyene korter ned forbikjøringslengden. Når det aktive kjøretøyet kan holde høyere hastighet gjennom fase 2, 3 og 4 i SINTEF-modellen, er det klart at forbikjøringsstrekten blir kortere enn i FORB-modellen.

Sammenlignet med forbikjøringslengdene i resultatene fra forbikjøringsforsøkene er resultatene i andre sammenligning høye. Dette skyldes i hovedsak inputdataen. I sammenligning 2 er hastighetsforskjellen kun 10 km/t. I de fleste forbikjørings situasjoner vil sjåføren i det aktive kjøretøyet kjøre raskere, og den brukte inputdataen anses derfor som mindre realistisk enn den brukt i sammenligning 1. Dette bekrefter både intervjuer og eksisterende litteratur.

I forbikjøringsforsøkene ble forbikjøringslengdene 245 meter og 334 meter. Selv om planlagt hastighet var 90 km/t holdt det første forsøket høyere hastighet enn 90 km/t. Derfor er 245 meter kortere enn avstanden ville blitt hvis det aktive kjøretøyet i forsøket holdt planlagt hastighet. Første forsøket nådde akselerasjon 1,39 m/s<sup>2</sup>, mens det andre nådde 0,56 m/s<sup>2</sup>, noe som forklarer forskjellen i forbikjøringslengde. Dagens krav til forbikjøringslengde er 550 m hvis hastigheten er 90 km/t. Det betyr at FORB-modellen sin forbikjøringslengde, med den brukte inputdataen, blir lengre enn kravet til forbikjøringslengde i HB N100 (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2014a). Hvis hastigheten til det aktive kjøretøyet økte til 95 km/t, ble forbikjøringslengden 528 m, som er under kravet. Dette bekrefter hvor mye hastighetsforskjellen har å si for forbikjøringslengden i FORB-modellen.

En annen årsak til at resultatene fra forbikjøringsforsøkene og resultatene fra de to modellene blir så forskjellige skyldes avstanden mellom kjøretøyene ved start og slutt av forbikjøringen. Ved starten holder kjøretøyene 28 meter avstand, og avslutningsvis 19 meter og 30 meter avstand. I modellene var avstandene gitt til å være 1,5 sekunder. 1,5 sekunder i 80 km/t tilsvarer 33 meter, som er lengre enn alle de nevnte avstandene fra forsøkene. Dette påvirker også forbikjøringslengden.

I forbikjøringsforsøkene som er brukt i sammenligning 2 bremset det passive kjøretøyet med en retardasjon lik  $0,28 \text{ m/s}^2$ , fordi det kom møtende kjøretøy underveis i forsøket. Hvis man legger inn dette i modellene, ser man endring i forbikjøringssikten. I SINTEF-modellen reduseres forbikjøringssikten til 417 meter, og i FORB-modellen blir den 677 meter. Tidligere var denne 512 meter i SINTEF-modellen, og 788 meter i FORB-modellen. Det viser at oppbremsingen til det passive kjøretøyet har en positiv effekt på både forbikjøringslengden og forbikjøringssikten hvis det skulle være behov for å gjennomføre forbikjøringen raskere. Årsaken til at FORB-modellen har så mye høyere tall enn SINTEF-modellen skyldes i hovedsak at det aktive kjøretøyet har begrenset hastighet under forbikjøringen og etter.

#### 6.4.3. Oppsummering

Sammenligning 1 viser at FORB-modellen sine resultater stemmer godt overens med resultatene fra forbikjøringsforsøkene, og at forbikjøringslengden i FORB-modellen er under kravet. I sammenligning 2 derimot, er inputdataen mindre realistisk fordi hastighetsforskjellen mellom kjøretøyene kun er 10 km/t, som tilsvarer 2,8 m/s. I virkeligheten ville de fleste sjåførere trolig kjørt raskere når de skal forbi et kjøretøy som holder 80 km/t. Siden det er hastigheten som er årsaken til den store forbikjøringslengden i FORB-modellen i sammenligning 2 regnes denne som mindre realistisk.

Fordi inputdataen i sammenligning 1 anses som mer realistisk enn inputdataen i sammenligning 2 konkluderes det ut fra sammenligningene med at FORB-modellen viser at det tar lengre tid å kjøre forbi enn SINTEF-modellen viser, men at resultatene fra FORB-modellen stemmer bedre overens med forbikjøringsforsøk og krav til forbikjøringslengde.

## 7. Diskusjon

Problemstillingen i denne oppgaven lyder «*Utvikling av en modell for forbikjøringer*». Den nye modellen har fått navnet FORB-modellen, og denne beskriver en forbikjøringsprosess basert på flere prioriterte parametere enn for eksempel SINTEF-modellen. Det finnes mange forskjellige måter å beskrive en forbikjøringsprosess på. Hvordan en forbikjøringsprosess best lar seg beskrive varierer avhengig av hva som vektlegges og hva som ønskes som prioriterte parametere. Dette påvirker hvordan forbikjøringsmodellen utformes.

SINTEF-modellen bruker forutsetninger som er basert på en forenklet situasjon av forbikjøringsprosessen. SINTEF-modellen forutsetter at det aktive kjøretøyet akselererer i hele fase 2, og at slutthastigheten som nås i denne fasen blir starthastigheten i neste fase. Hastigheten blir videre holdt konstant gjennom de to neste fasene.

Noen vil hevde at dette er en svært realistisk fremstilling av en forbikjøring fordi sjåføren i det aktive kjøretøyet er interessert i å passere så raskt som mulig, og derfor er villig til å akselerere over en lengre strekning. Dette tilfellet vil inntreffe hvis sjåføren ikke må ta hensyn til en maksimal hastighet underveis i forbikjøringen.

Resultater fra intervjurunden bekrefter at sjåførene ønsker å ligge kortest mulig tid i det motgående kjørefeltet. På den annen side kom det også frem i intervjurunden at sjåførene akselererer til en ønsket hastighet, for så å holde denne til de har passert kjøretøyet. Denne hastigheten er ofte 20 km/t høyere enn det passive kjøretøyet sin hastighet. Sett i et slikt lys vil ikke SINTEF-modellen sin prosessbeskrivelse stemme. Da er det mer realistisk å anta at kjøretøyet akselererer i en kort periode, for så å holde denne hastigheten konstant til det passive kjøretøyet er passert. Harwood, *et al.* (2008) anbefaler i sin rapport at det bør forventes at aktivt kjøretøy akselererer og holder 19 km/t høyere hastighet i forbikjøringen basert på feltforsøk.

På den ene siden kan man beskrive prosessen så realistisk som mulig ved å ta stilling til de fleste situasjoner som kan oppstå underveis i en forbikjøring. På den annen side kan prosessbeskrivelsen forenkles til kun å ta stilling til en spesiell situasjon. Begge mulighetene kan gi realistiske modeller. Selv om de kompliserte prosessbeskrivelsene tar hensyn til mange tenkelige situasjoner betyr ikke det at alle situasjonene oppstår like ofte. En forenklet modell som kun tar stilling til en eller to situasjoner kan gi vel så gode resultater fordi de utvalgte situasjonene er de som oppstår oftest. I arbeidet med å finne den mest korrekte beskrivelsen av

en forbikjøringsprosess kan man gjøre forenklinger av situasjoner som bidrar til at modellen blir enklere å utforme. Det er viktig å være klar over om disse forenklingene skaper begrensninger i modellen.

Med bakgrunn i at FORB-modellen skal være brukervennlig og la brukeren påvirke inputparameterne i stor grad, er det valgt å ta utgangspunkt i at modellen skal bygges opp rundt situasjonen i forbikjøringsprosessen som oppstår oftest og at flest mulig inputparametere skal være mulig å påvirke. Ved å utvikle FORB-modellen med den prosessbeskrivelsen som ble valgt får brukeren mulighet til å bestemme en maksimal tillatt hastighet under forbikjøringen, som er en parameter det er enklere å forholde seg til enn hvilken akselerasjon et kjøretøy har.

Beskrivelsen av en forbikjøringsprosess skal definere hvilke forutsetninger modellen har. Hvordan prosessen blir beskrevet avhenger av hvilke inputparametere det tas hensyn til i modellen, og hva slags fokus man har på outputdataen. I FORB-modellen, som utvikles i denne oppgaven, er det fokusert på å få med ulik føreratferd og forskjellige kjøretøysegenskaper i beregningene av forbikjøringslengde, forbikjøringssikt og sannsynlighet for forbikjøring. Innspill til parametere ble også hentet fra NCHRP (Harwood, *et al.*, 2008).

Hvordan man best implementerer føreratferd og kjøretøyparametere i en forbikjøringsmodell ble et prioritert område å jobbe videre med. På den ene siden kan det være nyttig å benytte flere forskjellige modeller i innhenting av innspill til utforming. På den annen side skulle FORB-modellen finne nye måter å implementere føreratferd og kjøretøyparametere, slik at de eksisterende modellene som ble benyttet til innspill ble mer brukt som innspill til ny utforming. Siden SINTEF-modellen er utviklet i samme programvare, med de samme outputdataene som FORB-modellen var det naturlig å ta utgangspunkt i hvordan de brukte sine inputparametere til å beregne output.

For å vite hvordan man implementerer føreradfærd og kjøretøyegenskaper på en mest korrekt måte i en ny modell er det viktig å ha oversikt over hva de forskjellige parameterne påvirker.

Føreradfærd påvirker:

- Hastighet
- Akselerasjonsutviklingen
- Tidsluker før og etter forbikjøring
- Avgjørelsestid
- Sikkerhetstid
- Utnyttet effekt

Kjøretøyegenskapene påvirker:

- Motstandskreftene som virker på kjøretøyet
- Akselerasjonen
- Tiden til kjøretøyene er side om side (lengden av kjøretøyene)

Ved å finne sammenhenger mellom hvilke parametre som påvirker hverandre og i hvor stor grad parameterne lar seg påvirke får man en modell som tar hensyn til disse parameterne. FORB-modellen tar hensyn til føreradfærd og kjøretøyegenskaper i den grad parameterne er inkludert i formelverket. Når det gjelder kjøretøyegenskaper, er det i hovedsak vekt og tverrsnitt som påvirker motstandskreftene som virker på kjøretøyet. Tilgjengelig motoreffekt påvirker akselerasjonen. Lengden av kjøretøyene påvirker tiden det tar før kjøretøyene er side om side, i tillegg til tiden det tar før det aktive kjøretøyet er forbi det passive kjøretøyet og kan legge seg inn i opprinnelig kjørefelt. Ved å ha med disse parameterne er de viktigste kjøretøyegenskapene implementert.

For så vidt finnes det sammenhenger mellom parametre som ikke er tatt hensyn til i FORB-modellen. Sammenhengen mellom tilgjengelig sikt og utnyttelsesgrad er ikke tatt hensyn til. Sikt er en viktig parameter i forbikjøringssammenheng. Med svært god sikt har man overblikk over trafikksituasjonen og behøver ikke stresse under en forbikjøring. Hvis sikten er kortere derimot, er sjåføren avhengig av å akselerere raskt for å gjennomføre en hurtig forbikjøring. Dette innebærer at sjåføren gir mer gass for å komme opp i hastighet, som gir økt akselerasjon og kortere forbikjøringslengde.

På den ene siden kan man si at dette er tatt hensyn til i FORB-modellen, men i mindre grad. I FORB-modellen kan brukeren bestemme utnyttelsesgraden som sier noe om hvor mye av den

tilgjengelige effekten sjåføren utnytter. Hvis man ønsker å modellere en forbikjøringssituasjon med dårlig sikt, har brukeren mulighet til å sette høy utnyttelsesgrad så sjåføren utnytter mye av motoreffekten, i tillegg til at brukeren kan sette høy maksimal tillatt hastighet som er sannsynlig at er tilfellet hvis kjøretøyet skal passere raskt. Derimot gir ikke modellen mulighet for at brukeren kan uttrykke sikten i trafikksituasjonen på samme måte som retardasjonen kan uttrykkes.

For at FORB-modellen skal kunne benyttes i forbindelse med vegoppmerking er det viktig at den har mulighet til å beregne forbikjøringssikt. Det er også viktig at modellen kan beregne forbikjøringsslengde for å gi innblikk i hvor lenge det aktive kjøretøyet befinner seg i motgående kjørefelt. Dette er relevant med tanke på det kritiske punktet i forbikjøringen i forhold til vegoppmerkingen. Sett i et slikt lys avhenger parameteren sikt av omgivelsene, men den kan la seg uttrykke som en førerparameter. Slike sammenhenger påvirker atferden til sjåførene både i aktivt kjøretøy og passivt kjøretøy.

FORB-modellen tar heller ikke hensyn til hva slags type sjåfør det er som kjører det aktive kjøretøyet. Om sjåføren er en aggressiv sjåfør eller en bedagelig anlagt sjåfør påvirker trafikksituasjonen og forbikjøringen. I modellen er det tatt hensyn til utnyttelsesgraden av tilgjengelig motoreffekt. Denne parameteren kan si noe om hvor aggressiv sjåføren er, eventuelt hvor offensiv.

Noen vil hevde at hva slags kjøretøy sjåføren i det aktive kjøretøyet bruker påvirker sjåførens hastighetsvalg, reaksjonstid og/eller dens aggressivitet i trafikken. Et raskt kjøretøy blir ofte kjørt raskere enn ett dårligere kjøretøy, og dette må avhenge av føreratferd siden det er sjåføren selv som bestemmer hastigheten. Ikke desto mindre er det ikke alle kjøretøy som klarer å kjøre like raskt. Da er ikke hastigheten bestemt av sjåføren. FORB-modellen har ikke tatt slike hensyn direkte, men ut ifra de inputparameterne brukeren får mulighet til å påvirke er det mulighet for at modellen kan uttrykke en situasjon med for eksempel en aggressiv sjåfør. Dette kan gjøres ved å gi korte tidsluker, høy hastighetsforskjell og høy utnyttelsesgrad.

Noen parametere betyr mer for resultatet enn andre. Gjennom utviklingsprosessen av FORB-modellen, og sammenligninger med SINTEF-modellen blir det tydelig hvilke av de implementerte parameterne som påvirker resultatet i stor grad og hvilke som har mindre betydning. Forskjellene mellom SINTEF-modellen og FORB-modellen var store. Forskjellen i resultatet fra sammenligning 1 og 2 var også store. Den største forskjellen mellom de gitte

forutsetningene i de to sammenligningene var hastigheten og hastighetsforskjellen til kjøretøyene. I sammenligning 2 var hastighetsforskjellen kun 10 km/t, og av den grunn bruker det aktive kjøretøyet lengre tid på å passere det passive kjøretøyet. Dette er det samme resultatet som forbikjøringsforsøkene viste. Fordi hastigheten til det aktive kjøretøyet blir begrenset i FORB-modellen, ender det med at forbikjøringslengden blir så lang at forbikjøringslengden blir lengre enn kravet til forbikjøringslengde i HB N100 (Vegdirektoratet og Statens vegvesen, 2014a). Med en økning i tillatt hastighet til 95 km/t (15 km/t høyere) havner forbikjøringslengden innenfor kravet på 550 m.

Inputparameterne til FORB-modellen ble presentert i Tabell 16 på side 71u. Parameterne som har størst innvirkning på resultatet er hastighetsinputene, kjøretøyeenskapene, tidsluke frontbakende før forbikjøring og tidsluke bakende-front etter forbikjøring.

Hvor stor hastighetsforskjell de to involverte kjøretøyene har underveis i forbikjøringen har mye å si for resultatet. Resultatet beregnes med grunnlag i hvor lenge det aktive kjøretøyet må oppholde seg i motgående kjørefelt. Lengden av kjøretøyene påvirker også tiden det aktive kjøretøyet må oppholde seg i motgående kjørefelt. Denne tiden blir kortere hvis hastighetsforskjellen mellom kjøretøyene er større.

Kjøretøyeenskapene påvirker motstanden som virker på kjøretøyet. Akselerasjonen lar seg påvirke av både motstanden og graden av utnyttet effekt. Akselerasjonen har derimot ikke så mye å si for resultatet fordi tiden det aktive kjøretøyet akselererer er liten i FORB-modellen. Med en svært treg akselerasjon vil det derimot gi større utslag. Med grunnlag i dette kan man si at verken motstanden eller graden av utnyttet effekt har den største betydningen på resultatet.

Tidslukene både før og etter forbikjøring påvirker resultatet fordi antall meter det aktive kjøretøyet må tilbakelegge i fase 2 og 3 påvirker både forbikjøringslengden og forbikjøringssikten. Jo lengre disse er, jo mindre sannsynlighet blir det for forbikjøring fordi nødvendig tidsluke blir stor. Det er rimelig å si at tidsluken etter forbikjøring ikke behøver å være like stor som tidsluken før forbikjøring fordi hastighetsforskjellen mellom kjøretøyene vil sørge for at denne øker raskt fra første sekund det aktive kjøretøyet legger seg tilbake i opprinnelig kjørefelt.

Små endringer i vekten til kjøretøyet, lengden, tverrsnittet, generelt kjøretøysparameterne har liten innvirkning på resultatet. Derimot er det store forskjeller i resultatet hvis vekten overgår 3500 kg, og det er snakk om lastebiler som skal forbi. Dette vil øke forbikjøringslengden og

forbikjringssikten. Å ha med kjøretøyegenskaper i modellen, og beregne motstandskreftene som påvirker under forbikjring gjør modellen mer realistisk selv om resultatene ikke gjør de store utslagene når disse parameterne endrer seg. Motstandskrefter på kjøretøyet er fortsatt en viktig del av det som foregår i en forbikjring og er derfor med i FORB-modellen.

Nøyaktig hvilke verdier som bør brukes om de forskjellige parameterne kan diskuteres. Det ble gjennomført intervjurunde med 11 deltakere som ga innblikk i hvilke verdier de ønsket å ha tilgjengelig på de forskjellige parameterne underveis i en forbikjring. Med grunnlag i dette bør man ha mulighet til å bestemme noen av parameterverdiene. Derimot er svarene fra intervjurundene svært subjektive svar, men høy usikkerhet som må tas med i betraktningen. I tillegg er intervjurunden gjennomført med 11 intervjuobjekter som ikke gir grunnlag for forskning, heller en kilde for innspill. Hovedbidraget i parameterbestemmelsen har vært eksisterende litteratur i sammenheng med både intervjurunde og forbikjøringsforsøk.

Tidligere i oppgaven ble det nevnt at forbikjøringsforsøkene skal sette ramme for svarene modellen gir som output. Dette er korrekt, men kun til en viss grad. Som resultatene fra forbikjøringsforsøkene viser, er det ingen forsøk som gir like resultater. Selv om kjøretøyene hadde som intensjon å holde samme hastighet i to forskjellige forsøk og omstendighetene rundt forsøkene var like, vil det alltid være faktorer som gjør at resultatene ikke blir identiske. Eksempler på dette kan være hvor raskt man akselererer opp i hastighet, hastigheten man holder underveis kan raskt endre seg opp og ned noen km/t underveis. I tillegg kan trafikkbildet endre seg.

Modellen, som er utviklet i denne oppgaven, er ingen simuleringsmodell da den regner ut svaret kun en gang. Derfor er det viktig at modellen ikke justeres etter ett spesielt forsøk, men at forsøket gir en indikasjon på om resultatet er fornuftig. Dette kan kontrolleres ved å se om resultatene for eksempel har flere hundre meter forskjell i forbikjringssikt, eller om det kun er femti meter forskjell. Hvis det skulle vært fornuftig å justere modellen etter forsøkene, måtte mange flere forsøk vært utført enn det har vært anledning til i denne oppgaven slik at man kunne gjort seg opp en formening om en gjennomsnittsverdi av flere forsøk.



## 8. Konklusjon, anbefalinger og videre arbeid

Dette kapittelet oppsummerer de viktigste resultatene. Problemstillingen med tilhørende forskningsspørsmål besvares, og det gis anbefalinger til videre arbeid.

### 8.1. Konklusjon

I denne oppgaven er FORB-modellen utviklet. Analysen av innsamlet data viser at resultatene fra forbikjøringsforsøkene og intervjurunden stemmer godt overens med resultatene FORB-modellen gir som output. Fra sammenligningene av FORB-modellen med SINTEF-modellen ble forbikjøringslengde og forbikjøringssikt studert og vurdert i forhold til resultatene fra forbikjøringsforsøk og gjeldende krav. Det kan konkluderes med at FORB-modellen gir resultater som viser at det tar lengre tid å kjøre forbi enn SINTEF-modellen viser. Dette indikerer at SINTEF-modellen har noe optimistiske resultater i forhold til reelle forbikjøringer.

Resultatene fra forbikjøringsforsøkene og intervjurunden gir innblikk i reelle data som viser hvordan en forbikjøringsprosess forløper og hvordan den oppleves av forskjellige typer sjåførere. Intervjurunden gir innblikk i hvordan sjåførene forholder seg til avstand og tid, og dette gir innspill til valg av verdi for parametere i FORB-modellen. Resultatene fra hele studien, vurdert i sammenheng, gir et godt grunnlag for å vurdere hvordan modellen skal utformes på best mulig måte.

Denne oppgaven har tatt utgangspunkt i den mest realistiske forbikjøringssituasjonen som kan oppstå. Denne påvirkes av hva som skjer i fase 2 og 3 i forbikjøringssituasjonen der kjøretøyene akselererer eller retarderer i forhold til hverandre. I FORB-modellen tas det utgangspunkt i at den mest realistiske situasjonen er at det aktive kjøretøyet når maksimal tillatt hastighet i løpet av fase 2 i forbikjøringen. Det betyr at FORB-modellens utgangspunkt for utvikling er en forenkling fordi modellen kun tar hensyn til ett tenkelig utfall, det at maksimal tillatt hastighet må nås i fase 2. Ref. Figur 45, side 75.

FORB-modellen tar hensyn til både ulik føreratferd og forskjellige kjøretøyeigenschaften i beregningen av forbikjøringslengde og forbikjøringssikt. Ved å finne sammenhenger mellom hvilke parametere som påvirker hverandre og i hvor stor grad parameterne lar seg påvirke, får man en modell som tar hensyn til disse parameterne. FORB-modellen tar hensyn til føreratferd og kjøretøyeigenschaften i den grad parameterne er inkludert i formelverket. Parameterne er viktig i beregningen av akselerasjon og motstand, noe som beskriver hvordan de to involverte

kjøretøyene beveger seg i forhold til hverandre. Riktignok har modellen potensiale for å implementere flere sammenhenger, som gjør modellen enda mer realistisk, men resultatet slik det blir i denne modellen stemmer godt overens med resultatene fra gjennomførte forsøk.

Av de parameterne, som det er tatt hensyn til i modellen, er det endringer i hastighet, tidsluker før og etter forbikjøring, sikkerhetstid og avgjørelsestid som har størst innvirkning på resultatet. Når det gjelder kjøretøyegenskapene er det i hovedsak vekt og tverrsnitt som påvirker motstandskreftene som virker på kjøretøyet. Motstandskreftene innvirker på akselerasjonen, men siden akselerasjonen varer i kort tid i forhold til andre deler av forbikjøringen har disse ikke stor innvirkning på resultatet. Tilgjengelig motoreffekt påvirker akselerasjonen. Denne har vist seg å være viktig for at modellen skal gi realistiske resultater. Det er viktig at kjøretøyet har stor nok tilgjengelig effekt til at det aktive kjøretøyet når maksimal tillatt hastighet i løpet av fase 2 for at modellen skal gi realistiske resultater. Lengden av kjøretøyene påvirker tiden det tar før kjøretøyene er side om side, i tillegg til tiden det tar før det aktive kjøretøyet er forbi det passive kjøretøyet og kan legge seg inn i opprinnelig kjørefelt.

I oppgaven ble verdiene på parameterne studert gjennom eksisterende modeller og eksisterende litteratur i tillegg til resultatene fra datainnsamlingen. Studier viser at parameterverdiene som er anbefalt å benytte i FORB-modellen ikke avviker fra eksisterende litteratur og modeller.

## 8.2. Anbefalinger

I denne oppgaven er resultatene fra datainnsamlingen basert på forbikjøringsforsøk og intervjurunde. Andre forhold som det anbefales å studere er observasjoner i virkelig trafikk. Ved å observere kjøretøy i en forbikjøringssituasjon som ikke er iscenesatt, er det mulighet for å analysere flere omstendigheter knyttet til forbikjøringen enn det som er gjort i denne oppgaven. Å samle inn store mengder data gjennom intervju er en tidkrevende prosess, men en spørreundersøkelse med mange deltakere er også en mulig metode å benytte for å få dokumentasjonsgrunnlag for valg av parametere. Da anbefales det å benytte en definisjonsbeskrivelse for å unngå misforståelser.

Å samle inn data knyttet til både kjøretøyegenskaper og føreratferd kan enten kobles til praktiske forsøk, eller det kan utvikles en case-studie hvor for eksempel sjåførene av et aktivt kjøretøy får et passivt kjøretøy foran seg som holder en konstant hastighet, og det blir opp til hver enkelt sjåfør å avgjøre hvordan han/hun skal kjøre forbi. I en slik studie er det ingenting ved forsøket som er forhåndsbestemt og man får innsikt i hvordan hver sjåfør i case-studien

velger å utføre forbikjøringen. Et slikt forsøksdesign vil samle inn andre typer data enn denne oppgaven har gjort. Parametere knyttet til føreratferd får et godt dokumentasjonsgrunnlag i en større studie. Hvilke sammenhenger som finnes mellom kjøretøyegenskaper og sjåføravgjørelser, kan også studeres i case-studien.

Et annet alternativ vil være å bruke resultater fra andre datainnsamlinger. I forbindelse med utviklingen av den tyske modellen ble det gjennomført en stor datainnsamling av forbikjøringsforsøk med drone (Vetters og Jaehrig, 2015). Foss og Kummeneje (2015) hevder at denne datainnsamlingen er god i sin rapport. Å gjøre lignende stor undersøkelse er en mulighet, eventuelt bruke resultatene fra en annen.

### 8.3. Videre arbeid

Oppsummert er det videre arbeidet:

- Forbedre akselerasjonsutviklingen
- Finne sammenheng mellom sikt og utnyttet effekt
- Finne sammenheng mellom gir, turtall og utnyttet effekt
- Studere psykologi knyttet til forbikjøring
- Gjennomføre sammenligninger og analyser i Aimsun-modellen
- Gjennomføre sammenligninger og analyser i RuTSim
- Videreutvikle modellen mot å bli en simuleringsmodell

Med bakgrunn i FORB-modellen som er utviklet og dens begrensninger finnes det potensiale for videre arbeid. Riktignok er det viktig å vurdere nytten av arbeidet før det utføres.

I denne oppgaven har det ikke blitt fokusert på å utvikle en korrekt akselerasjonsutvikling, men heller tatt utgangspunkt i at denne er konstant. I videre arbeid med modellen er det en mulighet å gjøre forbedringer som denne, men som analysene i modellen har vist har akselerasjonen liten innflytelse på resultatet. Dette anses derfor ikke som den viktigste forbedringen man kan gjøre i modellen.

Andre forbedringer som kan arbeides med er å finne sammenheng mellom sikt og utnyttet effekt. For at FORB-modellen skal gi realistiske resultater blir den forbedret ved at sikt er en faktor det blir tatt hensyn til i beregningene. Om det lar seg gjøre å finne en sammenheng mellom gir, turtall og utnyttet effekt er dette også spennende for å koble modellen til hvordan forbikjøringen oppleves i det aktive kjøretøyet.

Type sjåfør i det aktive kjøretøyet er heller ikke hensyntatt i FORB-modellen. Å se videre på de manglende sammenhengene som trengs å implementeres i FORB-modellen kan gjøres med flere metoder. For å finne føreratferd er det i utgangspunktet de kvalitative metodene som gir innsikt i sjåførens personlige vurderinger. Inputparametere tilknyttet føreratferd har helt klart sammenheng med sjåføren, omgivelsene og vurderinger som tas. Videre studier som gir dokumentasjonsgrunnlag for førerparametere er nyttig. Spørreundersøkelse, dybdeintervju eller studier om psykologi er mulige metoder. I denne oppgaven er det fokusert på innhenting av egne data. Det kan være interessant å ta del i en større datainnsamling og benytte denne som bakgrunn for parametere i modellen. Det finnes mye litteratur om psykologi og forbikjøringer. I videre arbeid med FORB-modellen er det muligheter for å vurdere psykologiske faktorer knyttet til forbikjøringer. I denne oppgaven var psykologi utenfor det avgrenset område og ble ikke studert.

For å vite hvilke eksisterende modeller det er nyttig å sammenligne en ny forbikjøringsmodell med er det viktig å sette seg inn i de forskjellige eksisterende modellene først. I denne oppgaven ble det brukt tid på å vurdere forskjellige modeller og konklusjonen falt på at det var SINTEF-modellen som var den naturlige modellen å videreutvikle til en ny modell for forbikjøringer. Mangel på tid gjorde at sammenligninger og analyser i andre eksisterende modeller ikke ble gjort. I videre arbeid er det interessant å se nærmere på både forbikjøringsmodellen til Aimsun og RuTSim. En sammenligning av resultatene og parameterne fra de ulike modellene er mulige måter å knytte Aimsun og RuTSim til denne oppgaven.

FORB-modellen er en beregningsmodell som gir innblikk i tilbakelagt tid og strekning i hver fase av en forbikjøring. Det betyr at modellen ikke gjør noen form for vurderinger underveis, som for eksempel å avbryte forbikjøringen på grunn av mangel på sikt el. Det er mulig å arbeide videre med å utvikle modellen til å bli en simuleringsmodell. Da er det spesielt interessant å gjøre analyser i programmene Aimsun og RuTSim.

## 9. Personlig utvikling

Dette kapittelet beskriver arbeidsprosessen med masteroppgaven. Kapittelet er skrevet mot slutten av arbeidsperioden og tar ikke for seg faglig innhold.

Denne oppgaven ble definert allerede høsten 2016, noe som gjorde det enklere å komme i gang med arbeidet når vårsemesteret begynte. Problemstillingen var klar, og det var allerede gjennomført et pilotforsøk som bekreftet at tiltenkt metode fungerte bra.

Riktignok ble ikke alt som planlagt og oppgaven har skiftet fokus etter hvert som den er arbeidet med. Besøk hos VTI i Sverige ble utsatt på grunn av mangel på tid. Aimsun sin modell for forbikjøringer skulle være en stor del av oppgaven, men det ble heller ikke tid og anledning til å fordype seg i denne programvaren. Istedenfor har oppgaven fokusert på egen forskning og utviklingen av den nye modellen.

Datainnsamlingen ble utført i slutten av mars / overgangen til april. Dette skyldtes vinterforhold på forsøksstrekningen, og at jeg i mars bestemte meg for å gjennomføre en intervjurunde. Intervjurundene ble gjennomført og ga resultater som kunne brukes som supplement til eksisterende litteratur for å bestemme parametere i FORB-modellen. Selve utviklingen av forbikjøringsmodellen strakk seg over en lang periode og var tidkrevende. Dette førte til at kapittelet om modellering lenge ble utsatt å skrive fordi det var for mange uklareheter rundt hvordan modellen kom til å fungere til slutt. Brukerveiledningen og den teoretiske bakgrunnen måtte skrives om for hver endring som ble gjort i modellen. Arbeidet med diskusjon og konklusjon ble også utsatt å skrive til modellen var ferdig.

Jeg startet å arbeide med oppgaven tidlig i semesteret. En strukturert arbeidsprosess, med stort forbruk av post-it lapper med beskjeder til meg selv med morgendagens arbeidsoppgaver, fungerte bra. Tankekart har også vært en viktig måte for meg å prosessere innholdet i oppgaven. Dersom jeg skulle gjort noe annerledes ville det være å gjennomføre intervjuene tidligere. De ble gjennomført i starten av april, og siden det var en så tidkrevende prosess å skrive sammendrag fra disse ble det mye arbeid i en periode. Modellen hadde også mye fokus i den samme perioden fordi den måtte ferdigstilles slik at sammenligning med SINTEF-modellen kunne komme i gang.

Å utvikle en ny modell for forbikjøringer har vært en morsom, lærerik og utfordrende masteroppgave, og jeg har vært fornøyd med valget av oppgave.

## Referanser

- Børnes, V., Sakshaug, K. og Aakre, A. (2004) *Forbikjøring*. (Grunnlag for revisjon av Håndbok 017 Veg- og gateutforming STF22 A04318).
- Børnes, V. og Aakre, A. (2011) Description, Validation and Use of a Model to Estimate Speed Profile of Heavy Vehicles in Grades, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 16, s. 409-418. doi: 10.1016/j.sbspro.2011.04.462.
- Everett, E. L. og Furseth, I. (2012) *Masteroppgaven : hvordan begynne - og fullføre*. 2. utg. utg. Oslo: Universitetsforl.
- Foss, T. og Kummeneje, A.-M. (2015) *Modell for beregning av forbikjøringssikt*. (A27282). SINTEF.
- Glennon, J. C. (1988) New and improved model of passing sight distance on two-lane highways *Transportation Research Record*, 1195, s. 132-137.
- Google Maps. Tilgjengelig fra: <https://www.google.no/maps/@63.3456294,10.2227899,15z> (Hentet: 19.04. 2017).
- Harwood, D. W., et al. (2008) *Passing sight distance criteria*. (NCHRP report 605 (trykt utg.)). Washington, D.C: Transportation Research Board.
- Hassan, Y., Easa, S. M. og El Halim, A. O. A. (1996) Passing sight distance on two-lane highways: Review and revision, *Transportation Research Part A*, 30(6), s. 453-467. doi: 10.1016/0965-8564(95)00032-1.
- Larsen, A. K. (2007) *En enklere metode : veiledning i samfunnsvitenskapelig forskningsmetode*. Bergen: Fagbokforl.
- Llorca, C., et al. (2015) Development of a new microscopic passing maneuver model for two-lane rural roads, *Transportation Research Part C*, 52, s. 157-172. doi: 10.1016/j.trc.2014.06.001.
- Lovdata *Forskrift om tekniske krav og godkjenning av kjøretøy, deler og utstyr (kjøretøyforskriften)*. Tilgjengelig fra: [https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1994-10-04-918/KAPITTEL\\_23#§23-6](https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1994-10-04-918/KAPITTEL_23#§23-6) (Hentet: 24.05 2017).
- Lovdata *Forskrift om offentlige trafikkskilt, vegoppmerking, trafikklyssignaler og anvisninger (skiltforskriften)* Tilgjengelig fra: [https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2005-10-07-1219#KAPITTEL\\_12](https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2005-10-07-1219#KAPITTEL_12) (Hentet: 13.02 2017).
- Olsson, N. (2015) *Praktisk rapportskrivning*. Trondheim: Fagbokforlaget Vigmostad & Bjørke AS.
- Robert Bosch Gmb, H. (2007) *Automotive handbook*. 7th ed. utg. Chichester: Wiley.

- Robinson, O. C. (2014) Sampling in Interview-Based Qualitative Research: A Theoretical and Practical Guide, *Qualitative Research in Psychology*, 11(1), s. 25-41. doi: 10.1080/14780887.2013.801543.
- Sandvik, A. (2016) Information retrieval, 30.08.2016.
- Skoie, H. (2015) *Forskning*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/forskning> (Hentet: 20.04 2017).
- Statens vegvesen *Vegkart*. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/vegkart/vegkart/#kartlag:geodata/@600000,7225000,3> (Hentet: 19.04 2017).
- Statens vegvesen *Kjøretøyopplysninger*. Tilgjengelig fra: <http://www.vegvesen.no/kjoretoy/kjop%2Bog%2Bsalg/kj%C3%B8ret%C3%B8yopplysninger> (Hentet: 01.06 2017).
- Statistisk sentralbyrå *SSB*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/klreg/> (Hentet: 24.05 2017).
- Tangen, L. (2010) *Kildekritikk*. Tilgjengelig fra: <http://www.ntnu.no/viko/kildekritikk> (Hentet: 21.11 2016).
- Tapani, A. (2005a) *A traffic simulation modeling framework for rural highways*, Department of Science and Technology, Linköpings universitet.
- Tapani, A. (2005b) Versatile Model for Simulation of Rural Road Traffic, *Transportation Research Record*, 1934, s. 169-178.
- Trafikkverket og Sveriges Kommuner och Landsting (2015) *Vägars och gators utformning*. Trafikkverket.
- TSS-Transport Simulation Systems. Tilgjengelig fra: [www.aimsun.com/aimsun](http://www.aimsun.com/aimsun) (Hentet: 11.05.17).
- TSS-Transport Simulation Systems (2014-2017) *Aimsun 8.2 User's Manual*: Aimsun.
- Two-Lane Highways *Highway Capacity Manual*. Washington, D.C: Transportation Research Board.
- Vegdirektoratet og Statens vegvesen (2001) *Vegoppmerking : tekniske bestemmelser og retningslinjer for anvendelse og utforming (oppmerkingsnormal) : [håndbok 049]*. Vegdirektoratet.
- Vegdirektoratet og Statens vegvesen (2014a) *Veg- og gateutforming : [håndbok N100]*. Vegdirektoratet.
- Vegdirektoratet og Statens vegvesen (2014b) *Premisser for geometrisk utforming av veger : [håndbok V120]*. Vegdirektoratet.

- Vegdirektoratet og Statens vegvesen (2014c) Vegoppmerking : tekniske bestemmelser og retningslinjer for anvendelse og utforming (oppmerkingsnormal) : [håndbok N302]. Vegdirektoratet.
- Vegdirektoratet og Statens vegvesen (2014d) Nasjonalt vegreferansesystem : [håndbok V830]. Vegdirektoratet.
- Vetters, A. og Jaehrig, T. (2015) *Verification of the Existing Model for Passing Sight Distance on Single Two Lane Rural Carriageways*. Dresden.



# Vedlegg

Vedlegg i oppgaven:

1. Oppgavetekst
2. Intervjuguide
3. Sammendrag fra intervjurunden

Digitale vedlegg:

4. FORB-modellen
5. Analyse av rådata fra datainnsamling
6. Resultater fra forbikjøringsforsøk



**MASTEROPPGAVE**  
(TBA4945 TRANSPORT, masteroppgave)

VÅREN 2017  
for  
**Hanne Cecilie Stene Nordal**

Modellering av forbikjøringer på tofeltsveger  
(Modelling of overtaking manoeuvres for two-lane roads)

**BAKGRUNN**

Det finnes flere eksisterende og mye brukte forbikjøringsmodeller som beskriver en forbikjøringsprosess. For å få mest mulig realistiske beregninger i en forbikjøringsmodell er det hensiktsmessig å implementere detaljerte parametere knyttet til kjøretøyegenskaper og føreraterferd. Parametere knyttet til kjøretøy og føreraterferd påvirker resultatet for modelleringen, og det vil være hensiktsmessig å ha mulighet til å vurdere hvilke parametere som har størst innvirkning på resultatene.

Forbikjøringer skaper bedre trafikkflyt og sørger for at sjåførene i aktive kjøretøy får holde ønsket hastighet. Sjåførene i passive kjøretøy får på samme måte anledning til å holde sin ønskede hastighet. Forbikjøringer er også relevant for både vegutforming og trafiksikkerhet.

På det nyere vegnettet bygges det mange tofeltsveger med midtrekkverk som et trafiksikkerhetstiltak. Mange vegstrekninger i Norge består fortsatt av midtlinje og ikke midtrekkverk. Derfor bør en nyutviklet modell for forbikjøringer ha stor nytteverdi.

## OPPGAVE

Formålet med oppgaven er å utvikle en ny modell for forbikjøringer som tar hensyn til detaljerte parametere knyttet til kjøretøyeigenschaften og føreratferd i beregningene av forbikjøringslengde, forbikjøringsrett og sannsynlighet for forbikjøring. Ved å studere eksisterende modeller og gjøre praktiske forsøk for å samle inn data fra både forbikjøringsforsøk og intervju skal denne oppgaven utvikle en ny modell for forbikjøringer.

Problemstillingen i oppgaven er: «*Utvikling av en modell for forbikjøringer*».

Problemstillingen skal besvares ved hjelp av tre forskningsspørsmål. Forskningsspørsmålene er stilt for å ha konkrete fokusområder i oppbyggingen av den nye modellen.

1. Hva er den mest korrekte beskrivelsen av en forbikjøringsprosess?
2. Hvordan kan man implementere føreratferd og kjøretøysparametere i en forbikjøringsmodell?
3. Ved endring av parametere, hvilke parametere påvirker resultatet i stor grad og hvilke har mindre betydning?

Først studeres eksisterende modeller for å få innblikk i hvordan de fungerer og modellenes teoretiske bakgrunn. For å vite hvilken modell som beskriver en forbikjøringsprosess mest korrekt i forhold til den type modell som skal utvikles i denne oppgaven er det viktig å studere flere modeller enn en.

Neste trinn i oppgaven er å gjennomføre praktiske forsøk for å samle inn data både fra forbikjøringsforsøk og intervjuerunde. Resultatene fra datainnsamlingen skal analyseres og sette ramme for resultatene i den nye modellen. Innsikt i hvordan den nye modellen utvikles og valg av løsning for parametere i modellen blir gitt i oppgaven.

Avslutningsvis blir resultatene fra den nye modellen sammenlignet med resultatene fra SINTEF sin modell for forbikjøringer, reelle tall fra forbikjøringsforsøk og dagens krav til forbikjøringer.

Vekten på de ulike delene i oppgaven vurderes av kandidaten i samarbeid med faglærer og veileder.

## GENERELT

Oppgaveteksten er ment som en ramme for kandidatens arbeid. Justeringer vil kunne skje underveis, når en ser hvordan arbeidet går. Eventuelle justeringer må skje i samråd med faglærer ved instituttet.

Ved bedømmelsen legges det vekt på grundighet i bearbeidningen og selvstendigheten i vurderinger og konklusjoner, samt at framstillingen er velredigert, klar, entydig og ryddig uten å være unødig voluminøs.

Besvarelsen skal inneholde

- standard rapportforside (automatisk fra DAIM, <http://daim.idi.ntnu.no/>)
- tittelside med ekstrakt og stikkord (mal finnes på [student ved IBM wikiside](#))
- sammendrag på norsk og engelsk (studenter som skriver sin masteroppgave på et ikke-skandinavisk språk og som ikke behersker et skandinavisk språk, trenger ikke å skrive sammendrag av masteroppgaven på norsk)
- hovedteksten
- oppgaveteksten (denne teksten signert av faglærer) legges ved som Vedlegg 1.

Besvarelsen kan evt. utformes som en vitenskapelig artikkel for internasjonal publisering. Besvarelsen inneholder da de samme punktene som beskrevet over, men der hovedteksten omfatter en vitenskapelig artikkel og en prosessrapport.

Instituttets råd og retningslinjer for rapportskriving ved prosjektarbeid og masteroppgave befinner seg på [student ved IBM wikiside](#)

### Hva skal innleveres?

Rutiner knyttet til innlevering av masteroppgaven er nærmere beskrevet på <http://daim.idi.ntnu.no/>. Trykking av masteroppgaven bestilles via DAIM direkte til Skipnes Trykkeri som leverer den trykte oppgaven til instituttkontoret 2-4 dager senere. Instituttet betaler for 3 eksemplarer, hvorav instituttet beholder 2 eksemplarer. Ekstra eksemplarer må bekostes av kandidaten/ ekstern samarbeidspartner.

Masteroppgaven regnes ikke som ferdig levert før kandidaten har levert innleveringsskjemaet (fra DAIM) hvor både Ark-Bibl i SBI og Fellestjenester (Byggsikring) i Sentralbygg II har signert på skjemaet. Innleveringsskjema med de aktuelle signaturene underskrives av instituttkontoret før skjemaet leveres Fakultetskontoret.

Dokumentasjon som med instituttets støtte er samlet inn under arbeidet med oppgaven skal leveres inn sammen med besvarelsen.

Besvarelsen er etter gjeldende reglement NTNUs eiendom. Eventuell benyttelse av materialet kan bare skje etter godkjenning fra NTNU (og ekstern samarbeidspartner der dette er aktuelt). Instituttet har rett til å bruke resultatene av arbeidet til undervisnings- og forskningsformål som om det var utført av en ansatt. Ved bruk ut over dette, som utgivelse og annen økonomisk utnyttelse, må det inngås særskilt avtale mellom NTNU og kandidaten.

**(Evt) Avtaler om ekstern veiledning, gjennomføring utenfor NTNU, økonomisk støtte m.v.**

Beskrives her når dette er aktuelt. Se [student ved IBM wikiside](#) for avtaleskjema.



Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi  
Institutt for bygg- og miljøteknikk

**Helse, miljø og sikkerhet (HMS):**

NTNU legger stor vekt på sikkerheten til den enkelte arbeidstaker og student. Den enkeltes sikkerhet skal komme i første rekke og ingen skal ta unødige sjanser for å få gjennomført arbeidet. Studenten skal derfor ved uttak av masteroppgaven få utdelt brosjyren "Helse, miljø og sikkerhet ved feltarbeid m.m. ved NTNU".

Dersom studenten i arbeidet med masteroppgaven skal delta i feltarbeid, tokt, befaring, feltkurs eller ekskursionsjoner, skal studenten sette seg inn i "Retningslinje ved feltarbeid m.m.". Dersom studenten i arbeidet med oppgaven skal delta i laboratorie- eller verkstedarbeid skal studenten sette seg inn i og følge reglene i "Laboratorie- og verkstedhåndbok". Disse dokumentene finnes på fakultetets HMS-sider på nettet, se <http://www.ntnu.no/iv/adm/hms/>. Alle studenter som skal gjennomføre laboratoriearbeid i forbindelse med prosjekt- og masteroppgave skal gjennomføre et web-basert TRAINOR HMS-kurs. Påmelding på kurset skjer til [kontakt@ibm.ntnu.no](mailto:kontakt@ibm.ntnu.no)

Studenter har ikke full forsikringsdekning gjennom sitt forhold til NTNU. Dersom en student ønsker samme forsikringsdekning som tilsatte ved universitetet, anbefales det at han/hun tegner reiseforsikring og personskadeforsikring. Mer om forsikringsordninger for studenter finnes under samme lenke som ovenfor.

**Oppstart og innleveringsfrist:**

Oppstart og innleveringsfrist er i henhold til informasjon i DAIM.

**Faglærer ved instituttet:** Arvid Aakre

**Veileder (eller kontaktperson) hos ekstern samarbeidspartner:** Terje Giæver, Statens vegvesen

Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU

Dato: 16.01.2017 / revidert: 01.06.2017

Underskrift

A handwritten signature in blue ink that reads "Arvid Aakre".

---

Faglærer

## Vedlegg 2 – Intervjuguide

### **Intervjurunde for å kartlegge føreratferd knyttet til forbikjøringer på tofelts veg.**

Denne intervjuguiden er laget i forbindelse med en masteroppgave med tema modellering av forbikjøringer. Formålet med intervjuet er å kartlegge føreratferd og benytte verdiene i modellen. Utfyllende svar og forklaringer settes stor pris på.

*Spørsmålene gjelder forbikjøringer på tofeltsveger – altså må du over i motgående kjørefelt hvis du skal kjøre forbi. Det tas høyde for at du besvarer spørsmålene med utgangspunkt i at du er sjåfør av en personbil.*

Intervjuene er anonyme og de er ikke ment som en kunnskapstest. Jeg ønsker å få dine vurderinger og ikke trafikkreglene. På forhånd takk for din deltakelse.

#### **Kjønn:**

Kvinne                       Mann

**Alder:** ..... år

**Har du egen bil?**

**Hvor langt kjører du pr. år?**

**Foretar du forbikjøringer ofte, av og til eller sjeldent?**

**Hvor lang avstand er det til bilen foran når du starter forbikjøring?**

Antall meter

**Ved hvilket fartsforhold mellom bilen foran og din ønskede hastighet kjører du forbi?**

Antall km/t

**Hvor stor fartsforskjell er det mellom din bil og bilen du passerer når du gjennomfører en forbikjøring?**

Antall km/t

**Hvor stor sikkerhetsavstand må du minst ha til møtende kjøretøy?**

Antall meter eller sekunder

**Hvilke vurderinger gjør du før du bestemmer deg for å kjøre forbi?**

**Hvor lang sikt vil du minst ha for å kjøre forbi?**

**Har det skjedd at du har brutt fartsgrensen under en forbikjøring?**

## Vedlegg 2 – Intervjuguide

**Hvis ja, skjer dette:**

- Ofte                       Av og til                       Sjeldent

**Hvis ja, hvorfor velger du å bryte fartsgrensen når du kjører forbi?**

**Kan du beskrive en typisk situasjon hvor du velger å kjøre forbi?**

**Hvordan vurderer du NÅR du kan legge deg tilbake i riktig kjørefelt?**

**Kjører du forbi hvis du ser møtende kjøretøy, men det er langt unna?**

**Hvis nei, hvorfor ikke?**

**Vurderer du vegoppmerkingen i forkant av, underveis og i avslutningen av en forbikjøring?**

**Kjører du forbi hvis du må passere mer enn en bil?**

**Du befinner deg i følgende situasjon: Ingen biler i sikte og bilen foran kjører i 50 km/t.**

**Du ønsker å holde en hastighet på 60 km/t som er fartsgrensen. Kjører du forbi?**



## Vedlegg 2 – Intervjuguide

**Du befinner deg i følgende situasjon: Ingen biler i sikte og bilen foran kjører i 50 km/t. Fartsgrensen er 60 km/t. Du skal ta av ved neste avkjøring som er 1 km unna. Kjører du forbi?**



**Du befinner deg i følgende situasjon: Du har startet forbikjøringen, men oppdager et møtende kjøretøy. Du er enda ikke side ved side med bilen foran. Avslutter du forbikjøringen eller fullfører du den?**



Bilde hentet fra: Moe, Nermark, Torsmyr: 2011. Veien til førerkortet



## Vedlegg 2 – Intervjuguide

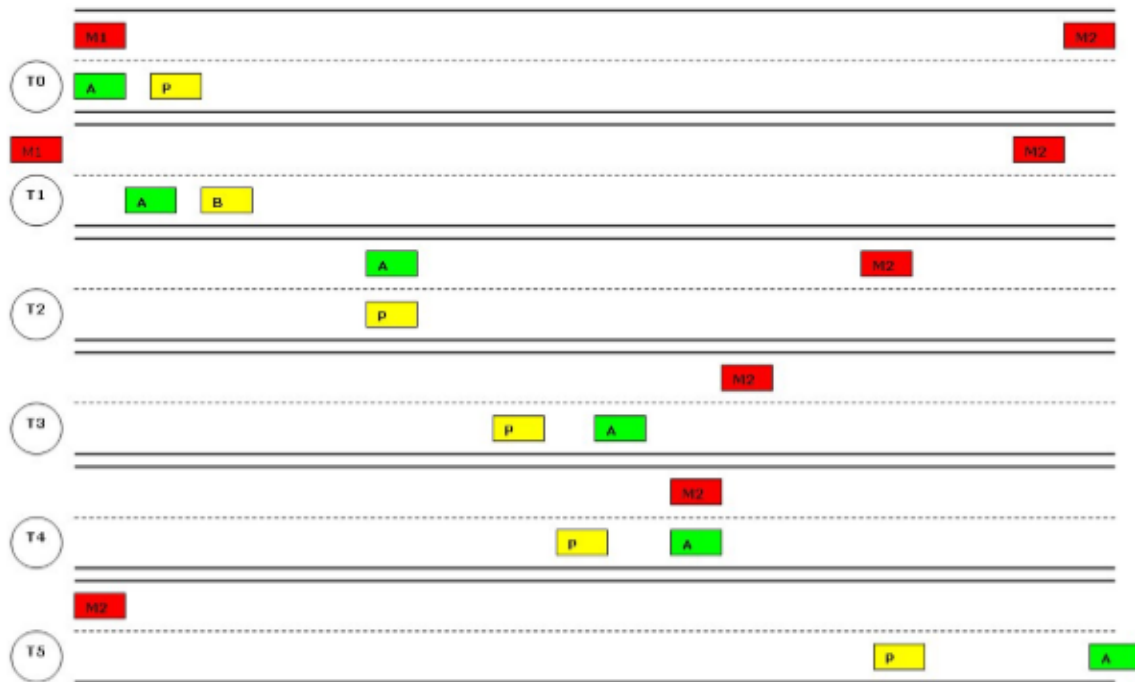
**FASE 1 – Før forbikjøringen starter**

**FASE 2 – Akselerasjon inntil kjøretøyene er side ved side**

**FASE 3 – Kjøring med konstant hastighet etter passering**

**FASE 4 – Etter forbikjøringen er avsluttet**

**FASE 5 – Tid før møtende kjøretøy passerer startpunktet**



BII	Beskrivelse
A	Det aktive kjøretøyet, dvs bilen som foretar forbikjøringen
P	Det passive kjøretøyet, dvs bilen som blir forbikjørt
M1	Det første av to møtende kjøretøy
M2	Det andre av to møtende kjøretøy

## Vedlegg 2 – Intervjuguide



## **Sammendrag fra intervjurunden**

### **Intervjuobjekt 1: Kvinne, alder 24 år**

Denne personen eier ikke egen bil og kjører i underkant av 1000 km i året. Disse kilometerne tilbakelegger hun i løpet av ferieuker når hun har tilgang på bil. Vedkommende foretar forbikjøringer av og til, spesielt i situasjoner hvor hun kjører bak traktorer eller saktegående kjøretøy som det er mye av på hjemstedet hennes.

Intervjuobjekt 1 sier terskelen for å kjøre forbi er lavere hvis hun føler tidspress. Hun trekker frem 5 km/t som maksimal fartsforskjell mellom bilen foran og hennes ønskede hastighet i en slik situasjon. I tilfeller hvor hun ikke har dårlig tid tolererer hun større fartsforskjeller. Når hun er ute og kjører forventer hun å kunne holde fartsgrensen.

Vedkommende føler det er mer naturlig å kjøre forbi i høye hastigheter enn i lave. Her trekkes 80 km/t vs. 50 km/t frem som eksempler. Hun forklarer dette med at høye fartsgrenser ofte forbindes med rettere strekninger og bedre kjøreforhold enn på tofeltsveger med lav fartsgrense.

I det forbikjøring starter holder hun 5 meter avstand til bilen foran, tror hun. I hvert fall ligger hun tett til bilen foran. For å starte forbikjøringen ønsker hun å ha 300 – 400 meter sikt.

Underveis i forbikjøringen har hun en hastighetsforskjell på 20 km/t til bilen hun passerer. I svært mange tilfeller legger hun merke til at hun bryter fartsgrensen når hun passerer et kjøretøy. Dette gjør hun for å være sikker på at hun kommer forbi. Hun forteller at en forbikjøringssituasjon stresser henne og at hun ønsker å fullføre den så fort som mulig. For at hun skal være komfortabel med å fullføre forbikjøringen ønsker hun en sikkerhetsavstand til møtende kjøretøy på 5 – 6 sekunder. Dette avhenger av farten, men uttrykt i meter ønsker hun 200 – 250 m frem til møtende kjøretøy. Når hun kan legge seg tilbake i riktig kjørefelt vurderer hun utfra når hun kan se kjøretøyet hun passerte i speilet.

Før hun kjører forbi gjør hun er rekke vurderinger. Hun starter med å vurdere sjåføren i bilen foran. Hun vurderer om det er vinglete kjøring og om hastigheten er jevn? Slike vurderinger avgjør om hun ønsker å kjøre forbi. Når hun har bestemt seg avhenger det videre av tilgjengelig sikt, om det er en sving i sikte, vegoppmerking og kjøreforhold. Vegoppmerkingen vurderer hun før start. Hun tenker ikke på denne underveis. Hvis hun ser møtende kjøretøy lar hun seg lett påvirke av dette og avventer med forbikjøring. På strekninger med veldig god sikt kunne hun vurdert å passere. Hun forteller videre at på strekninger med sving i sikte er hun skeptisk til å kjøre forbi. I situasjoner hvor hun har vurdert sikten til å være lang nok frem til svingen

### Vedlegg 3 – Sammendrag fra intervjurunden

ville hun fortsatt avventet med å kjøre forbi hvis det hadde vært et synlig kjøretøy som kom kjørende ut av svingen selv om sikten er lang nok. Hun er ikke komfortabel med å passere mer enn en bil om gangen.

Avgjørelsestiden, altså tiden hun bruker på å avgjøre om hun skal kjøre forbi, avhenger av situasjonen. I høy hastighet bruker hun mer tid på å avgjøre enn hun bruker i lav hastighet. Dette kommer av at i lav hastighet, som for eksempel i møte med en traktor, er hun mer bestemt på at hun må forbi fordi hun ønsker å kjøre i fartsgrensen.

Underveis i intervjuet ble det vist frem et bilde av en forbikjøringssituasjon. I førstnevnte situasjon hvor hastighetsforskjellen er 50 km/t vs. 60 km/t ønsker ikke intervjuobjekt 1 å passere kjøretøyet foran fordi hun ikke ser nytten av det. Hadde situasjonen vært en annen, som 60 km/t vs. 80 km/t hadde hun kjørt forbi.

I situasjon 2 kjører hun heller ikke forbi fordi hun ikke ser nytten av å gjøre det. Med en avkjørsel 1 km unna sparer hun lite tid.

#### **Intervjuobjekt 2: Mann, 25 år**

Denne personen eier egen bil og kjører i hovedsak langturer. Vedkommende er usikker på hvor mange kilometer han tilbakelegger i løpet av et år, men bilen er forsikret opp til 8000 km. Personen foretar forbikjøring ofte og fartsforskjellen mellom bilen foran og hans ønskede hastighet behøver ikke være mer enn 5 km/t før han ønsker å passere. Den kan være så lav som 3 km/t hvis forholdene for forbikjøring er gode.

Før forbikjøring holder han en god avstand til bilen foran. Generelt prøver han å holde seg tre billengder bak. Intervjuobjekt 2 er ikke fremmed for å kjøre forbi på svingete veger, han bruker derimot svingene til å forberede forbikjøringen slik at han er klar til å passere i det det kommer en rett strekning. I slike tilfeller holder han ca. 2 billengder avstand. I en sving får man i mange tilfeller god sikt fremover hvis landskapet er litt åpent og situasjonen blir derfor ikke så annerledes enn på en rett strekning mener han.

For å starte forbikjøringen ønsker han å ha 400 – 500 meter sikt.

Underveis i forbikjøringen varierer hastighetsforskjellen med farten han kjører forbi i, men han holder 30 – 40 km/t høyere hastighet enn bilen han passerer hvis forbikjøringen skjer på en veg med fartsgrense 70 – 80 km/t. Fartsgrensen bryter han ofte. Han legger også til at han fortsetter

### Vedlegg 3 – Sammendrag fra intervjurunden

å akselerere til han er forbi bilen han ønsker å passere. Dette er for å være sikker på at forbikjøringen går bra. På korte strekninger er det umulig å passere med mindre man bryter fartsgrensen mener han.

For at han skal være komfortabel med å fullføre forbikjøringen ønsker han en sikkerhetsavstand til møtende kjøretøy på 5 sekunder. Dette blir ganske langt i 80-sone, men 200 meter til møtende kjøretøy mener han er et minimum. Sekundene går fort hvis det skulle oppstå en misforståelse underveis. Når han skal legge seg tilbake i riktig kjørefelt vurderer han utfra når han kan se kjøretøyet han passerte i speilet. Er han i en situasjon med dårlig tid sjekker han blindsonen og speilet før han legger seg inn. Ideelt syns han det er å ha et par billengder avstand.

Før han kjører forbi gjør han en rekke vurderinger. Til å begynne med vurderer han om det er noe poeng i å kjøre forbi. Hva er nytten av forbikjøringen? Deretter vurderer han kjøreforholdene, spesielt hvis det er vinter. Det skal være veldig gode forhold for at han kjører forbi på vinterføre. Til slutt vurderer han sikten.

Vegoppmerkingen tar han hensyn til både før og underveis i forbikjøringen. Han bruker denne til å vurdere forbikjøringsforholdene.

Vedkommende er ikke komfortabel med å ta noen sjanser når det kommer til forbikjøring. Han mener at er du i tvil, så er du egentlig ikke i tvil. Da avbryter han forbikjøringen og legger seg inn igjen. Han kan kjøre forbi selv om han ser møtende kjøretøy så lenge sikten er lang nok og han vurderer avstanden som lang nok. Hvis han er side om side med kjøretøyet han skal forbi vurderer han avstand til møtende kjøretøy før han eventuelt fullfører forbikjøringen. Han avbryter ikke alltid forbikjøringen selv om det kommer et kjøretøy imot så lenge avstanden til kjøretøyet er forsvarlig. Hvis det er nødvendig kan han kjøre forbi flere biler om gangen, men dette krever god sikt.

Underveis i intervjuet ble det vist frem et bilde av en forbikjøringssituasjon. I førstnevnte situasjon hvor hastighetsforskjellen er 50 km/t vs. 60 km/t ønsker intervjuobjekt 2 å passere kjøretøyet foran fordi hastighetsforskjellen er såpass høy.

I situasjon 2 kjører han derimot ikke forbi fordi han ikke ser nytten av å gjøre det. For vedkommende må det være et poeng med forbikjøringen.

### **Intervjuobjekt 3: Kvinne, 25 år**

Denne personen har egen bil og tilbakelegger mellom 1000-5000 km i året. Dette varierer. Vedkommende kjører et par turer mellom Trondheim og hjemstedet i året, ellers er det helgeturer og korte turer i nærområdet som bidrar til antall kjørte kilometer. Forbikjøringer foretar hun av og til og i forkant av en forbikjøring holder hun tre sekunder avstand til kjøretøyet foran.

Intervjuobjekt 3 sier terskelen for å kjøre forbi er lavere hvis hun føler seg stresset. Da er det nok med 5 km/t fartsforskjell mellom bilen foran og hennes ønskede hastighet. Derimot, hvis hun ikke har det travelt tolererer hun 10 – 15 km/t forskjell.

For å starte en forbikjøring ønsker hun å ha 500 meter sikt.

Underveis i forbikjøringen varierer hastighetsforskjellen mellom hennes bil og den passive bilen med tilgjengelig sikt i situasjonen. Har hun kort sikt gasser hun på ekstra for å komme forbi. I en situasjon med god sikt holder hun 10 km/t høyere hastighet enn det passive kjøretøyet. Dette innebærer ofte i at hun bryter fartsgrensen under forbikjøringen. Vedkommende sier at hun kjører så fort som hun selv føler er forsvarlig i situasjonen og legger seg inn i feltet med sin ønskede hastighet.

For at vedkommende skal være komfortabel med å fullføre forbikjøringen ønsker hun en sikkerhetsavstand på 400 m i en situasjon hvor hun kjører i 80 km/t. 1,5 sekunder som modellene bruker mener hun er alt for lite. Hun trekker frem at det er sikkerhetsavstanden som utgjør den store faren med forbikjøring hvis denne er for liten.

Før hun kjører forbi gjør hun en rekke vurderinger. Hun vurderer føret, underlaget, sikten til eventuelle møtende kjøretøy, hindringer i vegen som en sving, fotgjengere eller lignende. Hastigheten til bilen foran vurderer hun også. Når hun skal legge seg tilbake i riktig kjørefelt ser hun etter det passive kjøretøyet i speilet.

Vegoppmerkingen blir tatt hensyn til i forkant av forbikjøringen for å vurdere hvor sikkert det er å gjennomføre forbikjøringen i området hun befinner seg. Hun liker å bruke strekninger med oppmerking som veileder om avstandene knyttet til forbikjøring.

Hun kjører forbi selv om hun ser møtende kjøretøy så lenge hun vurderer avstanden som lang nok. Hvis hun har nådd igjen bilen og ligger side om side vil hun fullføre forbikjøringen uansett. Hvis det møtende kjøretøyet nærmer seg fullfører hun i en hastighet over fartsgrensen. Hun avbryter ikke forbikjøringen selv om hun ser et møtende kjøretøy. Dersom det er en sving i

### Vedlegg 3 – Sammendrag fra intervjurunden

sikte ønsker hun seg lengre sikt enn om svingen ikke var der fordi hun ikke kan se situasjonen bak svingen. Hun lar seg heller ikke stoppe av at det er flere biler som må passeres så lenge sikten er god. Det er ikke ofte hun har måttet gjøre det, men hun har ikke et prinsipp på at hun ikke gjør det.

Underveis i intervjuet ble det vist frem et bilde av en forbikjøringssituasjon. I førstnevnte situasjon hvor hastighetsforskjellen er 50 km/t vs. 60 km/t ønsker intervjuobjekt 3 å passere kjøretøyet foran fordi forholdene er så gode.

I situasjon 2 vurderer hun derimot mer frem og tilbake. Hun ser at det ikke er noe poeng med å kjøre forbi, men hvis hun vil raskt frem tror hun at hun ville kjørt forbi likevel.

#### **Intervjuobjekt 4: Kvinne, 63 år**

Denne personen eier egen bil og kjører mellom 8000 – 10 000 km i løpet av et år. Hun har kjørt mye i mange år og foretar forbikjøringer av og til. Før forbikjøringen beregner hun god avstand til bilen foran. Hun ligger aldri tett og mener hun holder mellom 30 – 50 meter avstand. Fartsforskjellen mellom bilen foran og hennes ønskede hastighet må minst være 5 km/t for at hun skal kjøre forbi. Lavere hastighet enn fartsgrensen er likevel ikke det verste mener hun. Et kjøretøy som kjører svært hakkete trekker hun frem som det mest irriterende å ligge bak. Hvis sjåføren foran kjører hakkete eller mye saktere enn fartsgrensen, eventuelt holder samme hastighet uansett hva fartsgrensen er vurderer intervjuobjekt 4 mulighetene for forbikjøring. Hun er nøye på at hun ikke kjører forbi på svært svingete strekninger. Hun er heller ikke komfortabel med å kjøre forbi i områder hvor det kan oppholde seg barn eller andre myke trafikanter som syklistene. I tillegg trekker hun frem at hun foretrekker å kjøre forbi på dagtid fordi hun føler hun har bedre kontroll på omgivelsene om dagen enn på kvelden.

Når det gjelder avgjørelsestiden så blir denne kortere når det er større hastighetsforskjell mellom bilen foran og hennes ønskede hastighet. Dette gjelder uavhengig om hun er på kjente eller ukjente veger. Hvis hun ikke er kjent er hun mer forsiktig og bruker vegoppmerkingen til å vurdere når hun kan kjøre forbi. Både i forkant av- og underveis i forbikjøringen bruker vedkommende vegoppmerkingen godt til å vurdere sikkerheten. Denne mener hun er til god hjelp.

Når hun kjører forbi holder hun som oftest 10 km/t høyere hastighet enn kjøretøyet hun passerer. Dette avhenger av strekningen. Hvis strekningen har god sikt er hastigheten lavere enn om hun

### Vedlegg 3 – Sammendrag fra intervjurunden

syns sikten er dårlig. Da holder hun høy hastighet for å fullføre raskest mulig. Vedkommende bryter stort sett fartsgrensen når hun kjører forbi fordi hun vil fort forbi. Hun er ikke komfortabel med å ligge i motsatt kjørefelt for lenge. Når hun legger seg inn i riktig kjørefelt avhenger av sikten fremover. Hvis hun ser bilen hun passerer i bakspeilet legger hun seg inn. Hvis hun får dårlig tid vurderer hun avstanden fra sidespeilet.

Til møtende kjøretøy ønsker hun god avstand. Hun tar ingen rå sjanser, for det syns hun blir for dumt. Hun ønsker minimum 100 meter til møtende kjøretøy.

Vedkommende syns det er vanskelig å trekke frem hvor lang sikt hun ønsker for å forta forbikjøring. Det avhenger av farten. Lavere hastigheter krever mindre sikt, men i soner med høy hastighet trekker hun frem 500 m. Hun lar ikke være med å kjøre forbi selv om hun ser møtende kjøretøy, men da må det være god plass og sikt fremover. Det samme hvis hun skal passere mer enn ett kjøretøy om gangen.

For at vedkommende ikke skal avbryte forbikjøringen hvis det kommer et møtende kjøretøy må hun ha nådd side om side med kjøretøyet hun skal passere. Da gasser hun på til hun er forbi. Hun poengterer at hun ikke er offensiv i trafikken og at det koster så mye hvis noe skulle gå feil. Hvis hun blir forbikjørt hjelper hun derfor til med mindre det er veldig god sikt og hun ser at det går bra med god margin.

Underveis i intervjuet ble det vist frem et bilde av en forbikjøringssituasjon. I førstnevnte situasjon hvor hastighetsforskjellen er 50 km/t vs. 60 km/t ønsker intervjuobjekt 4 å passere kjøretøyet foran.

I situasjon 2 ville hun derimot tatt seg tid til å ligge bak.

#### **Intervjuobjekt 5: Mann, 58 år**

Denne personen eier egen bil og tilbakelegger mellom 15 – 20 000 km i året. Forbikjøring foretar han av og til og når han gjør det er de godt planlagt. Han akselererer i sitt felt til han har mindre enn 3 sekunder, nærmere 1 sekund, avstand til kjøretøyet foran før han legger seg ut i motgående kjørefelt.

Vedkommende mener det er lite å vinne på å kjøre forbi og at det har blitt vanskeligere å kjøre forbi fordi det er flere biler på vegene nå enn tidligere. Likevel, når han foretar forbikjøring er det stort sett fordi han blir utålmodig og ønsker å holde høyere hastighet. Dette skjer som



### Vedlegg 3 – Sammendrag fra intervjurunden

regel i 80-soner. I lavere hastigheter er han mer tålmodig og det skal mer til før han velger å kjøre forbi.

Når han kjører forbi holder han 10 – 20 km/t høyere hastighet enn bilen han passerer. Han tenker ikke på fartsgrensen under forbikjøringen. Denne bryter han ofte når han kjører forbi fordi han vil raskt forbi.

Hvor stor avstand han ønsker å ha til møtende kjøretøy har han aldri tenkt over, men den bør være trygg. Selv reagerer han hvis noen beregner kort tid ved forbikjøring. Derfor prøver han å ta hensyn og beregne god tid. Han mener det er snakk om vesentlig mer enn de tre sekundene man ofte holder i avstand når man ligger bak et kjøretøy. 200 meter mener han er svært god tid. Litt mindre enn det hadde han tolerert. Når han skal tilbake til sitt kjørefelt sjekker han bakspeilet etter kjøretøyet han passerer.

Før vedkommende kjører forbi vurderer han om bilen foran kjører sakte, eventuelt om den påvirker hans kjøring i noen form. Som hvis kjøretøyet foran er stort og firkantet og gir dårligere sikt, eller at det slipper ut mye eksos. Han vurderer alltid trafikken foran og ser om det er noe poeng i å kjøre forbi, eller om forholdene er like fremover. Han sjekker også alltid trafikken bakover. Han tar ingen sjanser. Hvis bilen foran kjører veldig sakte skal det derimot mye trafikk til foran for at han velger å ikke kjøre forbi.

Trafikkforståelsen han har fått etter mange år i trafikken gjør at vurderingene han gjør tas automatisk. Av den grunn finner han det vanskelig å gi et tall på hvor lang sikt han ønsker for å kjøre forbi. Hvis han er kjent på strekningen forbereder han seg godt og bruker de strekningene han vet om. Hvor mange meter han har tilgjengelig har han ikke tenkt på.

Om han ser et møtende kjøretøy betyr ikke det at han ikke kjører forbi. Hvis sikten er god trenger ikke kjøretøyet være en hindring. Han kan også passere mer enn ett kjøretøy om gangen hvis det er nødvendig.

For at han skal avbryte en forbikjøring har han startet på må han vurdere situasjonen som skummel. Da avbryter han tvert.

Vegoppmerkingen bruker han aktivt i forkant av forbikjøringen. Vedkommende kjører ikke forbi hvis det ikke er forbikjøringsoppmerking. Dette gjelder med mindre det er en traktor som kjører i 30 km/t.

Underveis i intervjuet ble det vist frem et bilde av en forbikjøringssituasjon. I førstnevnte situasjon hvor hastighetsforskjellen er 50 km/t vs. 60 km/t ønsker intervjuobjekt 5 å passere

### Vedlegg 3 – Sammendrag fra intervjujurunden

kjøretøyet foran. Han er opptatt av at det er viktig å finne ut om det er noen grunn til at kjøretøyet foran holder 50 km/t. Hvis det ikke er noen spesiell grunn, som syklister, fotgjengere eller lignende, kjører han forbi.

I situasjon 2 ville han også kjørt forbi. Det er kort strekning, men hvis bilen foran holder 50 km/t i 60-sone ser han ingen grunn til å ligge bak denne hvis det ikke er noen fare med å kjøre forbi.

#### **Intervjuobjekt 6: Mann, 25 år**

Denne personen har egen bil og kjører ca. 12 000 km i året. Han kjører mye bil og kjører forbi ofte. Før forbikjøringen holder han 2 sekunder avstand til bilen foran. Han starter akselerasjonen i feltet sitt før han starter forbikjøringen for ikke å være så langt unna før start. For at han skal kjøre forbi er det ofte 10 km/t fartsforskjell mellom kjøretøyet foran sin hastighet og hans ønskede hastighet som skal til. Dette er ofte tilfellet på vegene han kjører mye på. Vegene er trange og svingete og han kjenner de godt og kan holde høyere fart enn de som ikke har kjørt mye på dem.

Når han kjører forbi holder han 20 km/t høyere hastighet enn bilen han skal forbi. Dette avhenger av sikten. Hvis sikten er veldig god passerer han ikke raskere enn 10 km/t høyere. Er sikten kort regner han med 20 – 30 km/t raskere fart. Han bryter fartsgrensen ofte ved forbikjøring, men han holder seg riktignok alltid under hastighetsgrensen for å miste lappen. Fartsgrensen velger han å bryte for å komme raskest mulig tilbake i riktig kjørefelt. Han legger seg tilbake når han ser kjøretøyet han passerer i bakspeilet.

Til møtende kjøretøy syns han det er ryddig å ha 5 sekunder sikkerhetstid.

Vurderinger vedkommende tar før forbikjøring er å se at det er klart fremover, han ser etter svinger eller andre hindringer i vegen. Hvis bilen foran svinger mye fra side til side er det mulig at han avventer med å kjøre forbi. Han syns det er viktig å passe på at bilen han skal passere har fått det med seg så sjåføren er våken og oppmerksom. Før vurderer han også. Hvis det er slaps vegrer han seg for å passere raskt.

I forkant av forbikjøring bruker han vegoppmerkingen til å vurdere situasjonen. 500 meter syns han er god sikt. Han kan godt kjøre forbi selv om han ser møtende kjøretøy så lenge han har god sikt og gode forhold. Med god sikt og gode forhold kan han også passere mer enn ett kjøretøy om gangen.

### Vedlegg 3 – Sammendrag fra intervjurunden

For at vedkommende ikke skal avbryte en forbikjøring han har påbegynt når tiden blir knapp må han ha nådd side om side med bilen han skal passere. Han er ikke fremmed for å bremse og legge seg bak heller, men hvis han er halvveis allerede fullfører han.

Underveis i intervjuet ble det vist frem et bilde av en forbikjørings situasjon. I førstnevnte situasjon hvor hastighetsforskjellen er 50 km/t vs. 60 km/t ønsker intervjuobjekt 6 å passere kjøretøyet foran, uten å nøle.

I situasjon 2 avhenger avgjørelsen av hvor lenge han har ligget bak kjøretøyet. Dette påvirker hvor rastløs han har blitt. Han har kjørt forbi i lignende tilfeller tidligere.

#### **Intervjuobjekt 7: Mann, 32 år**

Denne personen eier egen bil og kjører omtrent 12 000 km i året. Nå gjør han forbikjøring av og til, men før foretok han forbikjøring oftere. Før han starter en forbikjøring akselererer han i sitt felt før han starter forbikjøringen med ca. 10 m avstand til bilen foran (ca. hvis det er i 60-sonen). For at han skal kjøre forbi er fartsforskjellen mellom hastigheten til bilen foran og hans ønskede hastighet 10 km/t. Det er sjeldent 5 km/t, kun hvis han har dårlig tid. Da er terskelen for å kjøre forbi lavere.

Underveis i forbikjøringen holder han 20 km/t høyere hastighet enn bilen han passerer. Han bryter fartsgrensen ofte for å komme raskt forbi. Han legger seg tilbake i riktig kjørefelt når han ser bilen han passerer i bakspeilet.

Som sikkerhetsavstand til møtende kjøretøy ønsker han 3 sekunder fra han har lagt seg inn til han passerer møtende. Han foretar forbikjøringen selv om han ser møtende kjøretøy så lenge avstanden er god, som på en lang slette. Dette er en vurdering som tas underveis. Hvis møtende kjøretøy holder 80 km/t kommer det veldig raskt så avgjørelsen avhenger av hastigheten som holdes på veien.

Vurderinger som intervjuobjekt 7 gjør før han kjører forbi er å se om strekningen er lang nok til å gjennomføre en trygg forbikjøring. Han ønsker ikke å ta sjanser som gjør at han må hive seg inn foran bilen han passerer for å rekke det. Han vurderer også føre. Hvis det er slaps på vegene beregner han mer tid.

Sikten før forbikjøring bør være 500 m. Hvis sikten er god kan han passere mer enn ett kjøretøy om gangen hvis det er nødvendig. I forkant av forbikjøringen bruker han vegoppmerkingen.

### Vedlegg 3 – Sammendrag fra intervjujurunden

Vedkommende skal helst ha kommet forbi bilen han skal passere for at han ikke skal avbryte forbikjøringen hvis møtende kjøretøy nærmer seg. Når han har kommet forbi siden til bilen han ønsker å passere anser han det som skummelt å bremse opp for å komme bak denne igjen.

Underveis i intervjuet ble det vist frem et bilde av en forbikjøringssituasjon. I førstnevnte situasjon hvor hastighetsforskjellen er 50 km/t vs. 60 km/t ønsker intervjuobjekt 7 å passere kjøretøyet foran.

I situasjon 2 venter han. På 1 km ser han ikke hva nytten av å kjøre forbi skal være.

#### **Intervjuobjekt 8: Mann, 61 år**

Denne personen har egen bil og tilbakelegger 35 000 km i året. Vedkommende foretar forbikjøring av og til og når han gjør det holder han i forkant 30 m avstand, ca. 1 – 2 sekunder, til bilen foran. I starten av forbikjøringen bruker han vegoppmerkingen.

For at han skal kjøre forbi må det være 10 km/t forskjell i hastighet til bilen foran og hans ønskede hastighet. Når han kjører forbi bryter han ofte fartsgrensen for å komme raskt forbi. Han synes det er tryggest å fullføre forbikjøringen raskt. Stor sett tilsvarer dette 20 km/t høyere hastighet enn bilen han passerer. Han legger seg tilbake i sitt kjørefelt når han ser bilen han passerer i høyrespeilet.

Vurderinger han gjør før han kjører forbi er knyttet til sikt. Det å komme trygt forbi er det viktigste.

For å kjøre forbi ønsker han god sikt. Hva god sikt er varierer med hastigheten. Hvis det er 2 biler som holder 10 km/t differanse ønsker han 100 meter hvis det er i 50 sone. Hvis han skal forbi en traktor trenger han ikke mer enn 50 meter fordi hastigheten til traktoren ofte er lav. I høye hastigheter vil han ha minimum 300 meter.

Sikkerhetsavstanden han ønsker til møtende kjøretøy varierer mye med hastigheten. Hvis han kjører i 60 sone ønsker han 100 m. Hvis 80 sone er 200 m mer komfortabelt.

Intervjuobjekt 8 kan godt gjennomføre en forbikjøring selv om han ser møtende kjøretøy og det er langt unna. Han kan også passere mer enn ett kjøretøy om gangen hvis det er nødvendig. For at vedkommende ikke skal avbryte forbikjøringen hvis det kommer et møtende kjøretøy må fremparten på hans bil ha nådd midten på bilen han skal passere. Da fullfører han forbikjøringen fremfor å bremse og legge seg inn bak.

### Vedlegg 3 – Sammendrag fra intervjurunden

Underveis i intervjuet ble det vist frem et bilde av en forbikjøringssituasjon. I førstnevnte situasjon hvor hastighetsforskjellen er 50 km/t vs. 60 km/t ønsker intervjuobjekt 8 absolutt å passere kjøretøyet foran.

I situasjon 2 ville han også kjørt forbi. Det er lite å tjene på det, så hvis det hadde vært snakk om 500 meter hadde han ventet. Han vurderer alltid nytten av forbikjøringen.

#### **Intervjuobjekt 9: Kvinne, 28 år**

Denne personen har egen bil og kjører litt mer enn 10 000 km i året. Hun kjører mye på tofeltsveger og kjører forbi andre biler av og til. Når hun kjører forbi starter hun forbikjøringen med 2 sekunder avstand til bilen foran. For at hun skal kjøre forbi er det ofte 20 km/t hastighetsforskjell mellom bilen foran og hennes ønskede hastighet. Hun lar seg påvirke av tidspress, men det er aldri mindre enn 10 km/t forskjell.

Underveis i forbikjøringen holder hun 20 km/t høyere hastighet enn bilen hun passerer. Hun bryter av og til fartsgrensen når hun kjører forbi for å komme raskt forbi og hun holder høyere hastighet også etter forbikjøringen. Først når hun har kjørt litt i riktig kjørefelt igjen senker hun hastigheten til ønsket hastighet. Hun legger seg tilbake i rett kjørefelt når hun ser bilen hun passerer i speilet. Det skal være god avstand. Hun ønsker ikke å passere mer enn ett kjøretøy om gangen.

Sikkerhetsavstanden til møtende kjøretøy ønsker hun at skal være lang. Vedkommende bruker oversiktlige strekninger til forbikjøring, så hvis hun ser at det kommer møtende kjøretøy rundt neste sving eller lignende velger hun å ikke kjøre forbi. Derfor er hun usikker på hvor lang sikkerhetsavstand hun ønsker. Hun tar ingen sjanser og foretrekker 300 meter sikt før hun vurderer om hun skal kjøre forbi.

Før hun kjører forbi vurderer hun hvordan bilen foran kommer til å fortsette å kjøre hvis den kjører sakte i øyeblikket, om den kommer til å øke hastigheten hvis vegen blir bedre. Hvor god tid hun har er også med i vurderingen i tillegg til om hun har passasjerer i bilen. Hvis hun er kjent på strekningen hun kjører på velger hun en strekning med god oversikt til å kjøre forbi på. Vegoppmerkingen vurderer hun i forkant i tillegg til underveis for å se hvor raskt hun må legge seg tilbake i sitt felt. Hvis det er vinterføre vurderer hun sikten. Ofte holder bilene på vegen veldig lav fart på vinterføre og hun ønsker derfor å passere så lenge vegen ikke er for glatt eller føret er veldig dårlig.

### Vedlegg 3 – Sammendrag fra intervjuunden

Avgjørelsestiden mener intervjuobjekt 9 at er lik uavhengig av farten. Hun må ha ligget bak kjøretøyet en stund før hun kjører forbi. Hvis det er flere biler foran lar hun det være. Hun vurderer veldig nytten av å kjøre forbi. Hvis det kommer et møtende kjøretøy og hun allerede har startet forbikjøringen skal hun ha nådd side om side med bilen hun skal passere for å fullføre forbikjøringen.

Underveis i intervjuet ble det vist frem et bilde av en forbikjøringssituasjon. I førstnevnte situasjon hvor hastighetsforskjellen er 50 km/t vs. 60 km/t ønsker intervjuobjekt 9 absolutt å passere kjøretøyet foran.

I situasjon 2 ville hun avventet, med mindre hun har ligget veldig lenge bak bilen med lav hastighet. Da er terskelen for å kjøre forbi ved neste mulighet mye mindre. Dermed varierer det med situasjonen.

#### **Intervjuobjekt 10: Kvinne, 51 år**

Denne personen har egen bil og kjører 16 000 km i året. Hun foretar forbikjøringer av og til og når hun gjør det ligger hun ganske tett til bilen foran og ser an om det er klart. Avstanden er mindre enn 3 sekunder, kanskje så lite som 1 sekund. Hun akselererer alltid i sitt felt før hun krysser midtlinjen for å oppholde seg kortest mulig tid i motgående felt. Vegoppmerkingen tenker hun på før forbikjøring, men underveis er målet å komme forbi og fokuset er på trafikkbildet.

Det må være hastighetsforskjell på 10 – 15 km/t mellom bilen foran og hennes ønskede hastighet for at hun kjører forbi. Hvis vegen er svingete tar hun ingen sjanser og ligger bak selv om hastighetsforskjellen er 10 – 15 km/t. Hun ønsker å ha 200 – 400 meter sikt fremover for å gjennomføre forbikjøringen.

Underveis i forbikjøringen holder hun 20 km/t høyere hastighet enn bilen hun passerer. I noen tilfeller kan det også være 30 km/t. Hun akselererer ganske godt i sitt felt først for å komme opp i hastighet. Fartsgrensen bryter hun ofte underveis for å komme raskt forbi.

Hun legger seg tilbake i sitt kjørefelt etter forbikjøringen når hun ser kjøretøyet hun passerer i bakspeilet. Da ønsker hun å ha en sikkerhetsavstand til møtende kjøretøy som er ganske lang. Helst ønsker hun ikke at det skal komme noe kjøretøy. Hun ønsker å ha mer enn 3 sekunder, ett par 100 meter.

### Vedlegg 3 – Sammendrag fra intervjurunden

Vurderinger hun gjør før forbikjøring er å se om det er god oversikt, ingen møtende kjøretøy, vurdere hastigheten til bilen foran. Om det er sommerføre eller glatte veger har også mye å si. Hun beregner lengre avstand hvis det er vinterføre. Hvis det er grunn til at bilen foran kjører sakte kjører hun heller ikke forbi.

Hun kjører sjeldent forbi hvis det kommer biler imot. Hvis det er snakk om å kjøre forbi en traktor gjør hun dette fordi det er lett å komme raskt forbi, men hvis det er snakk om å kjøre forbi en bil med høy hastighet må det være en rett strekning. Vedkommende kan kjøre forbi mer enn ett kjøretøy om gangen hvis det er nødvendig, men det er sjeldent. For at hun ikke skal avbryte forbikjøringen hvis det kommer møtende kjøretøy nærme må hun ha nådd side om side med bilen hun skal passere. Da fullfører hun forbikjøringen fremfor å avbryte.

Underveis i intervjuet ble det vist frem et bilde av en forbikjøringssituasjon. I førstnevnte situasjon hvor hastighetsforskjellen er 50 km/t vs. 60 km/t syns intervjuobjekt 10 det er situasjonsavhengig om hun kjører forbi eller ikke. Det kommer an på hvor lenge kjøretøyet har holdt 50 km/t. Hvis det har vart lenge kjører hun forbi, men nå er det ofte sånn at noen blir uoppmerksomme på hastigheten sin en periode før den øker igjen. Hvis det er tilfellet kjører hun ikke forbi. Hvis hun skal rekke noe er terskelen for å kjøre forbi lavere. Hun syns det er verre å ligge bak en bil i 50 km/t i 60 sonen enn bak en bil i 70 km/t i 80 sonen. Hun vurderer også nøye nytten av forbikjøring. Hvis dette hadde vært på vei til hytta, som er tre timer, ville hun kjørt forbi for å slippe å ligge lenge i 50 km/t. I hennes nærområde er det sjeldent hun ville kjørt forbi i en slik situasjon fordi hun sjeldent skal langt.

I situasjon 2 ville hun avventet, med mindre hun har ligget veldig lenge bak bilen med lav hastighet, type i 10 minutter. Det er få minutter å spare så hun syns egentlig ikke det er noe poeng.

#### **Intervjuobjekt 11: Mann, 60 år**

Denne personen har egen bil og kjører 16 000 km i året. Han kjører forbi når han føler han må, men det er sjeldent. Stort sett kjører han forbi på strekninger som er anbefalt til forbikjøring. Han bruker vegoppmerkingen i forkant av forbikjøringen til å vurdere sikkerheten. Han ligger litt nærmere enn 3 sekunder til kjøretøyet foran før forbikjøring for å bruke minst mulig tid i motgående kjørefelt. Hvis vegen er veldig svingete har han høy toleranse når det kommer til fartsforskjellen han godtar mellom hastigheten til bilen foran og hans ønskede hastighet. Holder

### Vedlegg 3 – Sammendrag fra intervjurunden

bilen foran noenlunde normal hastighet syns han det er ok. Hvis de når lange, fine strekninger og hastigheten fortsatt er lav kjører han forbi. Da skal han gjerne ha 300 meter sikt i 60-sone for å kjøre forbi.

Avgjørelsestiden blir lavere hvis han ligger bak et svært saktegående kjøretøy som en traktor. Da har han større fokus på at han vil forbi fordi han vet det er mye tid å tape på å ligge bak og det kan være lenge til neste mulighet til å komme forbi. Det er lettere å komme raskt forbi en traktor fordi det ikke trengs så lang strekning, på grunn av lav hastighet, mener han.

Stort sett liker han ikke å kjøre forbi mange kjøretøy om gangen. Hvis strekningen er lang nok kan han vurdere det for når man uansett har akselerert opp i hastighet tar det ikke så mye ekstra tid å passere ett kjøretøy til.

Under forbikjøringen holder han ofte 20 km/t høyere hastighet enn bilen han passerer. Fartsgrensen bryter han ofte for å komme raskt forbi. Dette syns han er det tryggeste. Når han legger seg tilbake i riktig kjørefelt avhenger av når han ser bilen han passerer i bakspeilet. Det skal helst være god avstand til kjøretøyet han passerer før han legger seg inn i kjørefeltet.

Sikkerhetsavstanden til møtende kjøretøy ønsker han skal være lang. Han syns det er stressende med en sikkerhetstid på 1 sekund. Den bør være større.

Om vedkommende velger å avbryte en forbikjøring som er påbegynt avhenger mer av hvordan bilen han passerer reagerer enn av hvor langt han har kommet i forbikjøringen. Hvis bilen han passerer bremses og hjelper til er det lett å fullføre uten problemer. Derimot, hvis bilen begynner å øke hastigheten kan man ligge side om side lenge uten å komme ordentlig forbi. Da velger han å trekke seg og avbryte. Derfor vurderer han situasjonen før han bestemmer seg for om han skal avbryte eller fullføre.

Underveis i intervjuet ble det vist frem et bilde av en forbikjøringssituasjon. I førstnevnte situasjon hvor hastighetsforskjellen er 50 km/t vs. 60 km/t ønsker intervjuobjekt 11 å kjøre forbi hvis han skal langt fordi da er det mye tid å spare. Nyttan av forbikjøringen vurderes nøye.

I situasjon 2 ville han holdt seg bak. Ett minutt fra eller til er ikke avgjørende for han. Likevel, hvis han har ligget bak kjøretøyet lenge ville han vurdert det mer siden det er 1 km. Hadde det vært 500 meter ville svaret vært nei uansett.