

# En studie av sammenhengen mellom veg-geometri, fart og trafikkulykker

**Jenny M Nerbøvik**

Bygg- og miljøteknikk (2-årig)

Innlevert: juni 2015

Hovedveileder: Thomas Jonsson, BAT

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for bygg, anlegg og transport





Oppgavens tittel: En studie av sammenhengen mellom veg-geometri, fart og trafikkuulykker A Study of the Relationship between Road Geometry, Speed and Traffic Accidents	Dato: 10.06.2015		
	Antall sider (inkl. bilag): 144		
	Masteroppgave	X	Prosjektoppgave
Navn: Jenny Mordal Nerbøvik			
Faglærer/veileder: Thomas Jonsson			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Asplan Viak AS			

<p>Ekstrakt:</p> <p>Hensikten med denne oppgaven er å finne sammenhenger mellom veg-geometri, fart og trafikkuulykker ved å studere om fartsnivå sammen med feil i veg-geometri påvirker antall ulykker.</p> <p>Møte- og utforkjøringsulykker på tofelts veg utenfor tettbebyggelse undersøkes på delstrekninger av de nasjonale hovedvegene E6, E39 og E136 i Møre og Romsdal, Sør-Trøndelag og Oppland over en tiårsperiode (2005-2014).</p> <p>Resultatene viste at det er størst sammenheng mellom ulykkesfrekvens og tverrfallstypen "for lite tverrfall". Det er også stor sammenheng mellom ulykkesfrekvens og krappe kurver. Man fant liten sammenheng mellom ulykkesfrekvens og tverrfallsavvik. Kurvene med for liten radius i forhold til dimensjonerende horisontalradius ved beregnet fartsnivå, hadde større ulykkesfrekvens enn kurvene som oppfylte minimumskravet.</p> <p>Abstract:</p> <p>The main goal of this thesis has been to find the relationship between road geometry, speed and traffic safety by studying how the level of speed and errors in road geometry affects the number of accidents.</p> <p>Meeting and run-off accidents on two-lane roads outside residential areas is examined on sections of road network E6, E39 and E136 in counties Møre og Romsdal, Sør-Trøndelag and Oppland over a ten year period (2005-2014).</p> <p>The results revealed that the greatest correlation between accident rate and type of cross fall type is "too little cross fall". Good correlation was also found between accident rate and narrow horizontal curves. There were little correlation between accident rate and cross fall deviation. The curves with lower curve radius than the design curve radius in relation to estimated level of speed, had a higher accident rate than the curves that fulfilled the minimum requirement.</p>
---

Stikkord:

1. Veg-geometri – Road geometry
2. Fartsnivå – Level of speed
3. Trafikkuulykker – Traffic accidents
4. Tverrfall – Cross fall

(sign.)



## Forord

Denne masteroppgaven er utført ved institutt for bygg, anlegg og transport ved NTNU våren 2015, i samarbeid med Asplan Viak Trondheim. Oppgaven markerer slutten av det toårige sivilingeniør-studiet Bygg og miljøteknikk, med spesialisering i veg. I løpet av de to årene jeg har studert ved NTNU fokuserte jeg hovedsakelig på veg- og trafikkfag, hvor jeg merket at trafikksikkerhetsfaget og forebygging av ulykker var noe som spesielt interesserte meg. Jeg fikk derfor lyst å skrive en oppgave innen trafikksikkerhet.

I oppgaveteksten som er utgangspunktet for oppgaven (vedlegg 1) står det at jeg skal vurdere sammenhengen mellom ulykker, fart og veg-geometri ved å se på homogene vegstrekninger, der vegbredde og kjørefeltbredde er omtrentlig lik. I oppgaven ble vegbredden tatt hensyn til ved å begrense undersøkelsen til vanlig tofelts veg. Kjørefeltbredde ble ikke vurdert, ettersom det er vegbredde som stort sett påvirker ulykkesfrekvens.

Det var ekstra engasjerende å se hovedoppslag i VG uken før innlevering av oppgaven, der Statens vegvesen ble beskyldt for å ha hemmeligholdt sine interne ulykkesrapporter på alle dødsulykker på norske veger over de siste ti år. Det ble funnet at hver fjerde dødsulykke kunne skyldes dårlige vegforhold, noe som er veldig aktuelt i denne oppgaven.

Ønsker å takke min veileder Thomas Jonsson, som har bidratt med god kunnskap innen trafikksikkerhetsfaget. En stor takk rettes også til Natalia Bogdashova, Jostein Rindbø og Sindre Jansson Haverstad fra Asplan Viak for ytterligere veiledning innen analyse, Excel, veg-geometri og trafikksikkerhet. Vil også takke serviceinnstilt personell ved Statens vegvesen for rask tilgang og behjelpelighet med NVDB 123.

Oppgaven har vært utfordrende og krevende til tider, men jeg sitter igjen med et lærerikt halvår som har gitt meg mye ny kunnskap som jeg håper å kunne dra nytte av videre i arbeidslivet.

Trondheim, 10.06.2015

Jenny Mordal Nerbøvik



## Sammendrag

Hensikten med denne oppgaven er å finne sammenhenger mellom veg-geometri, fart og trafikkulykker ved å studere om fartsnivå sammen med feil i veg-geometri påvirker antall ulykker. Utgangshypotesen for denne oppgaven er dermed at det finnes en sammenheng mellom veg-geometri, fart og trafikkulykker.

Møte- og utforkjøringsulykker på tofelts veg utenfor tettbebyggelse undersøkes på delstrekninger av de nasjonale hovedvegene E6, E39 og E136 i Møre og Romsdal, Sør-Trøndelag og Oppland over en tiårsperiode (2005-2014).

Møte – og utforkjøringsulykkene utgjorde 70 prosent av dødsulykkene i vegtrafikken fra 2005-2013. Vegen, vegmiljøet og for høy fart kan medvirke til at farlige hendelser utvikler seg til alvorlige ulykker, og er medvirkende faktor i mange av dødsulykkene. Krappe kurver er forbundet med høy ulykkesfrekvens og krever stor sidefriksjon. Den minste akseptable sidefriksjonen er en funksjon av horisontalradius, tverrfall og V85-fart.

Spørsmål, veg- og ulykkesdata er hentet fra programvaren "NVDB 123", som er en utvidet versjon av nettbasert Nasjonal vegdatabank. For å koble spørsmålsdata til ulykkesdata ble databehandlingsverktøyet FME benyttet. Data om horisontalkurvatur og tverrfall ble brukt til å finne sammenhenger med ulykkesfrekvens. Sammenheng mellom ulykkesfrekvens og fart i kurver ble også undersøkt, der forventet fartsnivå ble beregnet hjelp av ikke-lineære regresjonsanalyser basert på fartsmålinger i kurver hvor fartsgrensen var 80 km/t. Alle analyser ble gjennomført ved hjelp av Excel.

Databegrensninger i NVDB, underrapportering av ulykker, unøyaktig spørsmåling, omlegging og slitasje på vegnettet, forskjell mellom ulykkesdato og måledato, og stedsfesting av årsakspunkt for ulykken, er noen av feilkildene som kan påvirke resultatene i analysen.

Resultatene viste at det er størst sammenheng mellom ulykkesfrekvens og tverrfallstypen "for lite tverrfall". Det er også stor sammenheng mellom ulykkesfrekvens og krappe kurver. Man fant liten sammenheng mellom ulykkesfrekvens og tverrfallsavvik. Kurvene med for liten radius i forhold til dimensjonerende horisontalradius ved beregnet fartsnivå, hadde større ulykkesfrekvens enn kurvene som oppfylte minimumskravet.

Det anbefales å foreta en samfunnsøkonomisk analyse for å vurdere kost og nytte ved å rette ut kurver eller rette opp tverrfall på de strekningene som har uakseptabelt tverrfall eller for liten kurveradius. Det bør deretter settes opp en prioriteringsliste slik at de trafiksikkerhetstiltakene som gir best effekt blir gjennomført først.





## Summary

The main goal of this thesis has been to find the relationship between road geometry, speed and traffic safety by studying how the level of speed and errors in road geometry affect the number of accidents. The initial hypothesis is thus that there is a correlation between road geometry, speed and traffic accidents.

Meeting and run-off accidents on two-lane roads outside residential areas is examined on sections of road network E6, E39 and E136 in counties Møre og Romsdal, Sør-Trøndelag and Oppland over a ten year period (2005-2014).

The road, the road environment and excessive speed are often contributing factors when hazardous incidents develop into more serious accidents, and also in accidents resulting in fatalities. Meeting and run-off accidents accounted for 70 percent of traffic accidents with fatalities from 2005 to 2013. Narrow horizontal curves are associated with high accident rates and require large side friction. The minimum acceptable side friction is a function of the horizontal curve radius of the road, cross fall and the V85-speed.

Track measurements, road data and accident data is retrieved from the software "NVDB 123", which is an expanded version of the online National Road Data Bank (NVDB). To connect track measurement data to accident data the computing tool FME was used. Data of horizontal alignment and cross fall was used to find correlations with accident rate. Correlation between accident rates and speed in curves were also examined, where the expected level of speed was calculated using non-linear regression analysis based on speed measurements in curves with speed limit 80 km/h. The analysis was performed in Excel.

Data limitations in NVDB, underreporting of accidents, inaccurate track measurement, wearing and relocation of road sections, differences between accident dates and track measurement dates, and localization of causal point of accidents are potential errors that can affect the results in the analysis.

The results revealed that the greatest correlation between accident rate and type of cross fall is "too little cross fall". Good correlation was also found between accident rate and narrow horizontal curves. There were little correlation between accident rate and cross fall deviation. The curves with lower radius than the design curve radius in relation to estimated level of speed, had a higher accident rate than the curves that fulfilled the minimum requirement.

It is recommended to conduct a socio-economic analysis to assess the cost-benefit of straightening out curves or correcting cross fall on the road sections that have unacceptable

cross fall or too small curve radius. To ensure that the most effective traffic safety measures will be implemented first, a priority list should be prepared.

# Innhold

FORORD .....	V
SAMMENDRAG .....	VII
SUMMARY .....	IX
FIGURLIGSTE .....	XV
TABELLISTE .....	XVII
FORKORTELSER OG DEFINISJONER .....	XIX
<b>1 INNLEDNING .....</b>	<b>1</b>
1.1 BAKGRUNN OG MÅLFORMULERING .....	1
1.2 OMFANG OG BEGRENSNINGER .....	3
1.3 LESERVEILEDNING .....	5
<b>2 METODE .....</b>	<b>7</b>
2.1 METODER FOR DATABEHANDLING .....	7
2.2 METODER FOR LITTERATURSØK .....	10
2.3 OPPSUMMERING .....	11
<b>3 TEORI OG LITTERATURGJENNOMGANG .....</b>	<b>13</b>
3.1 ULYKKEBILDET I VEGTRAFIKKEN .....	13
3.1.1 <i>Underrapportering av ulykker</i> .....	15
3.2 UTFORMING ETTER DIMENSJONERENDE VEGKLASSER .....	16
3.3 HORISONTALKURVATUR .....	18
3.4 ULYKKEFREKVENS I KURVER .....	19
3.5 SAMMENHENG MELLOM LINJEFØRING OG ULYKKEFREKVENS .....	21
3.6 TVERRFALL .....	22
3.6.1 <i>Krav til tverrfall</i> .....	22
3.7 SAMMENHENG MELLOM TVERRFALL OG ULYKKEFREKVENS .....	24
3.8 SIDEFRIKSJON OG MINSTE HORISONTALKURVERADIUS .....	24
3.9 HORISONTAL LINJEFØRING OG FART .....	24
3.10 FARTSTILLEGG OG FARTSPROFILTILLEGG .....	26
3.11 SIKKERHET I KURVER OG VEG-GEOMETRISKE STANDARDER .....	27
3.12 FARTSBEREGNINGSMODELLER .....	27
3.13 LINJEFØRINGENS BETYDNING FOR FARTSVALG .....	29
3.14 STUDENTOPPGAVER FRA NTNU .....	30
3.15 BEHOV FOR VIDERE FORSKNING .....	31
3.16 OPPSUMMERING .....	32
<b>4 PLANLEGGING OG GJENNOMFØRING AV ANALYSE .....</b>	<b>35</b>

4.1	DATAGRUNNLAG .....	35
4.1.1	<i>Dataområde</i> .....	36
4.1.2	<i>Innhenting av data fra Nasjonal vegdatabank</i> .....	36
4.2	BEARBEIDING AV DATAGRUNNLAGET .....	39
4.2.1	<i>Dataavgrensning</i> .....	39
4.2.2	<i>Kjøreretningen til ulykkesinvolvert enhet</i> .....	40
4.2.3	<i>Ulykkesfrekvens</i> .....	42
4.2.4	<i>Skadeomfang og alvorlighetsgrad</i> .....	43
4.2.5	<i>Sammenkobling av spormålingsdata og ulykkesdata</i> .....	43
4.2.6	<i>Bearbeiding av tverrfallsdata</i> .....	44
4.2.7	<i>Bearbeiding av fartsdata</i> .....	48
4.2.8	<i>Bearbeiding av ÅDT</i> .....	49
4.2.9	<i>Sammenkobling av spormålingsdata, fartsgrenser og ÅDT</i> .....	50
4.2.10	<i>Bearbeiding av spormålingsdata</i> .....	50
4.3	VURDERING AV FEILKILDER I ANALYSEN .....	51
4.4	OPPSUMMERING .....	56
5	RESULTATER.....	59
5.1	SAMMENHENG MELLOM ULYKKEFREKVENNS OG HORISONTALKURVERADIUS .....	59
5.1.1	<i>Relativ ulykkesfrekvens</i> .....	65
5.2	SAMMENHENG MELLOM ULYKKEFREKVENNS OG TVERRFALL .....	66
5.2.1	<i>Type tverrfall</i> .....	67
5.2.2	<i>Tverrfallsavvik</i> .....	70
5.3	SAMMENHENG MELLOM ULYKKEFREKVENNS OG FART .....	74
5.3.1	<i>For liten kurveradius eller tilstrekkelig kurveradius</i> .....	75
5.3.2	<i>Avvik fra minste tillatte horisontal kurveradius</i> .....	77
5.4	SKADEGRAD I ULYKKENE .....	81
5.4.1	<i>Skadegrad og geometri</i> .....	83
5.4.2	<i>Skadegrad og fart</i> .....	85
5.5	OPPSUMMERING .....	87
6	DISKUSJON.....	89
6.1	TOLKNING AV RESULTATER .....	89
7	KONKLUSJON OG ANBEFALINGER .....	99
8	VIDERE ARBEID.....	101
9	REFERANSER .....	103
	VEDLEGG .....	105





# Figurligste

FIGUR 1-1 OVERSIKTSKART OVER ANALYSEOMRÅDET.....	3
FIGUR 2-1 EKSEMPEL PÅ UTTAK AV TRAFIKKULYKKE OG UHELLSKODE FRA DATAKATALOG (STATENS VEGVESEN 2015).....	8
FIGUR 3-1 ANTALL DREPTE I VEGTRAFIKKEN 1946-2014 (STATENS VEGVESEN 2014).....	14
FIGUR 3-2 KILDER TIL BORTFALL OG FEIL SOM FØRER TIL UNDERRAPPORTERING AV TRAFIKKULYKKER MED PERSONSKADE (TØI 2012). .....	15
FIGUR 3-3 GJENNOMSNITTLIG RAPPORTERINGSGRAD FOR ULIKE SKADEGRADER (TØI 2012). ....	16
FIGUR 3-4 EKSEMPEL PÅ SAMMENSETNING AV DE TRE HORIZONTALKURVATUR ELEMENTENE (STATENS VEGVESEN 2013). ....	18
FIGUR 3-5 GRAFISK ILLUSTRASJON AV NORMAL ULYKKEFREKVENNS FOR KURVER MED ULIK RADIUS.....	20
FIGUR 3-6 ULYKKEFREKVENNS I KURVER PÅ RIKSVEGER I NORGE MED ULIK RADIUS (HØYE 2007).....	20
FIGUR 3-7 RELATIV ULYKKEFREKVENNS MELLOM ULIKE KURVERADIUSER OG RETTLINJE (HØYE 2007). ....	21
FIGUR 3-8 TVERRFALL UTFORMET SOM TAKKFALL PÅ RETTLINJE (STATENS VEGVESEN 2013).....	22
FIGUR 3-9 TVERRFALL UTFORMET MED ENSIDIG FALL (OVERHØYDE) I EN SIRKELKURVE (STATENS VEGVESEN 2013). ....	22
FIGUR 3-10 OVERHØYDE FOR NASJONALE HOVEDVEGER OG ØVRIGE HOVEDVEGER (STATENS VEGVESEN 2013). ....	23
FIGUR 3-11 KRAV TIL TVERRFALL VED VEDLIKEHOLDSTILTAK (STATENS VEGVESEN 2012). ....	23
FIGUR 3-12 SAMMENHENG MELLOM FART OG PERSONSKADEULYKKER (ELVIK, 2012). ....	25
FIGUR 3-13 FARTSPROFILTILLEGG VED UTBEDRINGSSTANDARD (STATENS VEGVESEN 2013). ....	26
FIGUR 3-14 MÅLT OG PREDIKERT GJENNOMSNITTSFART OG 85%-FRAKTIL I KURVER (SAKSHAUG AND HJELKREM 2009). ....	29
FIGUR 4-1 OPPBYGGING AV VEGREFERANSE (STATENS VEGVESEN 2010).....	36
FIGUR 4-2 PRINSIPP FOR NUMMERERING AV KJØREFELT. ....	41
FIGUR 4-3 INNDELING AV TYPE TVERRFALL ETTER KRAV FRA HÅNDBØKENE. ....	45
FIGUR 4-4 TVERRFALL VED MINIMUMSRADIUS - VENSTRESVING .....	47
FIGUR 4-5 TVERRFALL VED KURVERADIUS 1000 METER - HØYRESVING. ....	47
FIGUR 4-6 TVERRFALL PÅ RETTSTREKNING. ....	47
FIGUR 4-7 FORSKJELLIGE KRAV OG RETNINGSLINJER I ULIKE HÅNDBØKER. EGENPRODUSERT FIGUR.....	53
FIGUR 5-1 ANDEL KURVER OG RETTLINJER. ....	59
FIGUR 5-2 ULYKKEFREKVENNS I KURVER OG PÅ RETTLINJER, MØTE- OG UTFORKJØRINGSULYKKER.....	60
FIGUR 5-3 ULYKKEFREKVENNS I KURVER, MØTEULYKKER OG UTFORKJØRINGSULYKKER. ....	61
FIGUR 5-4 ULYKKEFREKVENNS I KURVER FREMSTILT MED LOGARITMEFUNKSJON – RADIUS $\geq 30$ M. ....	62
FIGUR 5-5 ULYKKEFREKVENNS I KURVER FREMSTILT MED POTENSFUNKSJON – RADIUS $> 0$ M. ....	63
FIGUR 5-6 ULYKKEFREKVENNS I KURVER FREMSTILT MED POTENSFUNKSJON – RADIUS $\geq 30$ M.....	64
FIGUR 5-7 RELATIV ULYKKEFREKVENNS I KURVER OG PÅ RETTLINJER. ....	65
FIGUR 5-8 SAMMENHENG MELLOM TYPE TVERRFALL OG TVERRFALLSAVVIK. ....	66
FIGUR 5-9 ANDEL PER TYPE TVERRFALL. ....	67
FIGUR 5-10 ULYKKEFREKVENNS PER TYPE TVERRFALL. ....	68
FIGUR 5-11 TYPE TVERRFALL FORDELT ETTER HORIZONTAL KURVERADIUS. ....	68
FIGUR 5-12 ANDEL UAKSEPTABELT TVERRFALL.....	69

FIGUR 5-13 ULYKKEFREKVENS UAKSEPTABELT OG AKSEPTABELT TVERRFALL.....	69
FIGUR 5-14 UAKSEPTABELT OG AKSEPTABELT TVERRFALL FORDELT ETTER HORIZONTAL KURVERADIUS. ....	70
FIGUR 5-15 ANDEL PER TVERRFALLSAVVIK INTERVALL. ....	71
FIGUR 5-16 ULYKKEFREKVENS PER TVERRFALLSAVVIK VED MØTE- OG UTFORKJØRINGSULYKKER. ....	71
FIGUR 5-17 TVERRFALLSAVVIK FORDELT ETTER HORIZONTAL KURVERADIUS. ....	72
FIGUR 5-18 BEREGNET FARTSNIVÅ I KURVER MED FARTSGRENSE 80 KM/T. ....	74
FIGUR 5-19 ANDEL FOR LITEN KURVERADIUS VED BEREGNET FARTSNIVÅ. ....	75
FIGUR 5-20 ULYKKEFREKVENS FOR LITEN KURVERADIUS VED BEREGNET FARTSNIVÅ. ....	75
FIGUR 5-21 FOR LITEN ELLER TILSTREKKELIG KURVERADIUS ETTER BEREGNET GJENNOMSNITTSFART , FORDELT ETTER HORIZONTAL KURVERADIUS. ....	76
FIGUR 5-22 FOR LITEN ELLER TILSTREKKELIG KURVERADIUS ETTER BEREGNET 85%-FRAKTIL FART , FORDELT ETTER HORIZONTAL KURVERADIUS. ....	76
FIGUR 5-23 ANDEL PER AVVIK I HORIZONTAL KURVERADIUS VED FOR LITEN RADIUS ETTER BEREGNET GJENNOMSNITTSFART . ....	77
FIGUR 5-24 ULYKKEFREKVENS PER AVVIK I HORIZONTAL KURVERADIUS VED FOR LITEN RADIUS. ....	78
FIGUR 5-25 AVVIK I KURVERADIUS VED FOR LITEN RADIUS ETTER BEREGNET GJENNOMSNITTSFART , FORDELT ETTER HORIZONTAL KURVERADIUS. ....	79
FIGUR 5-26 AVVIK I KURVERADIUS VED FOR LITEN RADIUS ETTER BEREGNET 85%-FRAKTIL FART , FORDELT ETTER HORIZONTAL KURVERADIUS. ....	79
FIGUR 5-27 SKADEGRAD I MØTE- OG UTFORKJØRINGSULYKKER. ....	81
FIGUR 5-28 SKADEGRAD I MØTEULYKKER OG UTFORKJØRINGSULYKKER. ....	82
FIGUR 5-29 SKADEGRAD I FORDELING ETTER UHELLSKODER INNEN MØTE- OG UTFORKJØRINGSULYKKER.....	82
FIGUR 5-30 FORDELING AV SKADEGRAD PÅ RETTLINJER OG I KURVER. ....	83
FIGUR 5-31 SKADEGRAD PÅ RETTLINJER, KRAPPE, NORMALE OG SLAKE KURVER. ....	84
FIGUR 5-32 SKADEGRAD PER TYPE TVERRFALL. ....	84
FIGUR 5-33 SKADEGRAD PER TVERRFALLSAVVIK. ....	85
FIGUR 5-34 SKADEGRAD FOR LITEN KURVERADIUS ETTER BEREGNET FARTSNIVÅ.....	85
FIGUR 5-35 SKADEGRAD AVVIK I KURVERADIUS ETTER BEREGNET GJENNOMSNITTSFART (V). ....	86
FIGUR 5-36 SKADEGRAD AVVIK I KURVERADIUS ETTER BEREGNET 85%-FRAKTIL FART (V85).....	86



# Tabelliste

TABELL 3-1 MEDVIRKENDE FAKTORER TIL AT DØDSULYKKENE I PERIODEN 2005-2013 SKJEDDE (STATENS VEGVESEN 2014) .....	14
TABELL 3-2 DØDSULYKKER FRA 2013 FORDELT PÅ STEDSFORHOLD OG ULYKKESTYPER (STATENS VEGVESEN 2014). .....	15
TABELL 3-3 TVERRPROFILER OG DIMENSJONERENDE PARAMETERER FOR VEGKLASSE H1-H4. ....	17
TABELL 3-4 ULYKKEFREKVENS OG SKADEKOSTNAD FOR KURVER MED ULIK RADIUS (STATENS VEGVESEN 2007). ....	19
TABELL 3-5 SIKKERHETSFAKTOR FOR DE ULIKE DIMENSJONERINGSKLASSENE VED UTBEDRINGSSTANDARD (STATENS VEGVESEN 2013). .....	26
TABELL 3-6 SİDEFRIKSJON FOR ULIKE FARTSGRENSER OG SİKKERHETSFAKTORER (STATENS VEGVESEN 2013). ....	26
TABELL 3-7 BASISFART FOR TUNGE KJØRETØY VED ULIKE FARTSGRENSER (TØRSET, AAKRE ET AL. 2011). ....	28
TABELL 3-8 HORIZONTALKURVEMODELLER FOR ULIKE FARTSGRENSER (TØRSET, AAKRE ET AL. 2011). ....	28
TABELL 4-1 UTDRAG AV ULYKESDATA FRA NVDB - GENERELLE ULYKESDATA MED TILHØRENDE METADATA. ....	37
TABELL 4-2 UTDRAG AV ULYKESDATA FRA NVDB – DATA OM SKADEGRAD. ....	37
TABELL 4-3 UTDRAG AV ULYKESDATA FRA NVDB – DATA OM KJØREFORHOLD. ....	37
TABELL 4-4 UTDRAG AV ULYKESDATA FRA NVDB – GEOMETRISKE VEGDATA OG FARTSGRENSE. ....	37
TABELL 4-5 UTDRAG AV DATA FRA NVDB - TOTAL ÅDT. ....	38
TABELL 4-6 UTDRAG AV DATA FRA NVDB - FARTSGRENSER. ....	38
TABELL 4-7 UTDRAG AV DATA FRA NVDB – KJØRERETNING TIL ULYKESINVOLVERT ENHET .....	38
TABELL 4-8 UTDRAG AV DATA FRA NVDB - SPORMÅLINGSDATA HVER 20 METER PÅ E6. ....	39
TABELL 4-9 OVERSIKT OVER UTVALGTE UHELLSKODER I ANALYSEN. ....	40
TABELL 4-10 VEDLIKEHOLDSKRAV TIL TVERRFALL FRA HÅNDBOK R610. ....	44
TABELL 4-11 EKSEMPEL PÅ KOMBINASJON AV HORIZONTALRADIUS OG TVERRFALL SOM GIR RIKTIG OG FEIL RETNING PÅ TVERRFALL. .	46
TABELL 4-12 EKSEMPEL PÅ BEARBEIDING AV ÅDT FRA EXCEL-FIL EKSPORTERT FRA NVDB. ....	50
TABELL 4-13 NUMMERERING AV PARSELLER (STATENS VEGVESEN 2010). ....	51
TABELL 5-1 OVERSIKT OVER FEIL TVERRFALL SOM BØR RETTES OPP. ....	73
TABELL 5-2 OVERSIKT OVER HORIZONTALKURVER MED FOR LITEN RADIUS SOM BØR RETTES UT. ....	80



## Forkortelser og definisjoner

Kjørebane	Den delen av vegen som er bestemt for vanlig kjøring, kan inkludere flere kjørefelt
Kjørefelt	Hvert enkelt av de langsgående felt som en kjørebane er delt opp i ved oppmerking, eller som er bred nok for trafikk med en bilrekke
SVV	Statens vegvesen
ÅDT	Årsdøgntrafikk, antall kjøretøy som passerer et vegsnitt i løpet av et år, dividert med 365 dager (i begge retninger)
HB	Håndbok
NVDB	Nasjonal vegdatabank
Nasjonal hovedveg	Overordnet veg som knytter sammen landsdeler og regioner, og forbinder Norge med utlandet
Øvrig hovedveg	Overordnet veg som knytter sammen distrikter, områder, byer og tettsteder
Riksveg	Europaveg og vanlig riksveg, statlig drevet
H1-H9	Dimensjoneringsklasse for nasjonale hovedveger og øvrige hovedveger
E6	Europaveg 6
V85	85 % -fraktil, farten som 85 % av alle kjøretøy ikke overskrider
Fartsgrense	Høyeste tillatt fart på en strekning
Fartsnivå	Representativ verdi for fart langs en vegstrekning eller i et snitt på vegen, som ikke trenger være lik fartsgrensen. Aktuelt nivå kan være V85-fart
Metrering	Avstandsmåling av vegen i lengderetning fra et nullpunkt
Årsakspunkt	Punktet på vegen hvor årsaken til at ulykken skjedde er lokalisert
Ulykkespunkt	Punktet hvor ulykken er registrert på strekningen
Ulykkesstrekning	En angitt strekningslengde det har skjedd en ulykke på
NTP	Nasjonal transportplan
Ulykkesfrekvens	Antall personskadeulykker per million kjøretøykilometer
UAG	Ulykkesanalysegruppen til Statens vegvesen

Tverrfallsavvik	Avvik fra tverrfallskravet i håndbok N100
Tverrfallstype	Akseptabelt eller uakseptabelt (for lite, for mye, feil veg) tverrfall iht. vedlikeholdskravet i håndbok R610.
Tverrfallsfeil	Tverrfall som avviker fra vedlikeholdskravene
Trafikkarbeid	Summen av reiselengde for alle kjøretøy (kjøretøykilometer)

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn og målformulering

I 2014 kom det frem at noen av dødsulykkene som hadde blitt gransket av Statens vegvesens interne ulykkesanalysegruppe (UAG) kunne skyldes for dårlige vegforhold (Ola Mjaaland, Synnøve Åsebø et al. 2014). Ifølge rapportene var forhold med vegen medvirkende årsak til ulykken i hver fjerde dødsulykke fra 2005-2013. Det er også funnet at vegen og vegmiljøet kan medvirke til at farlige hendelser utvikler seg til mer alvorlige ulykker.

Statens vegvesen har en nullvisjon om ingen drepte og hardt skadde i vegtrafikken. Nasjonal tiltaksplan for trafikksikkerhet på veg 2014-2017 skal sikre stø kurs mot etappemålet i Nasjonal transportplan; Maksimalt 500 drepte og hardt skadde i år 2024 (Statens vegvesen, Politiet et al. 2014). Dette innebærer nesten en halvering i forhold til trafikkulykkene i 2013 med 187 drepte og 703 hardt skadde. Ifølge NTP 2014-2023 er møteulykker og utforkjøringsulykker to av de mest hyppigste ulykkestypene med drepte og hardt skadde. I overnevnte tiltaksplan er det gitt to tilstandsmål for vegnettet for å redusere møteulykker og utforkjøringsulykker:

- Innen 2018 skal 50 prosent av trafikkarbeidet som utføres på riksveger med fartsgrense 70 km/t eller høyere foregå på møtefrie veger (dvs. midtrekkverk).
- Innen 2024 skal alle riksveger med fartsgrense 70 km/t eller høyere oppfylle gjeldende krav til utforming og omfang av siderekkeverk, ettergivende master og profilert kantlinje og utbedring eller skilting av farlige kurver med tanke på å forhindre alvorlige utforkjøringsulykker.

Regjeringen ønsker med bakgrunn i dette å prioritere trafikksikkerhetstiltak på vegnettet i større grad enn før ved investeringer, drift- og vedlikehold og målrettede tiltak for å redusere ulykkestypene som har størst skadeomfang.

Den geometriske utformingen av en veg dimensjoneres, i tillegg til ÅDT, ut fra en bestemt fartsgrense. Minste horisontalkurve radius bestemmes ut fra ønsket om likevekt mellom kreftene som virker på kjøretøyet i en kurve, og er en funksjon av fartsgrense, overhøyde og sidefriksjon (Statens vegvesen 2013). Geometri, fart og trafikksikkerhet er derfor tre faktorer ved vegen som påvirker hverandre. Målet med denne oppgaven er å finne sammenhenger mellom de tre faktorene ved å studere om fartsnivå sammen med feil i veg-geometri påvirker antall ulykker. Utgangshypotesen for denne oppgaven er at det finnes en sammenheng mellom veg-geometri, fart og trafikkulykker.

Veg-geometri er et begrep som omfatter horisontal- og vertikalkurvatur, tverrfall, slyng og tverrprofil. Håndbok V120 "Premisser for geometrisk utforming av veger" beskriver i detalj de forskjellige elementene i veg-geometrien, håndbok N100 "Veg og gateutforming" beskriver krav til utforming av veg-geometri og håndbok R610 "Standard for drift og vedlikehold av riksveger" beskriver ulike vedlikeholds krav på vegene.

Kravene i Statens vegvesen sine håndbøkene utvikles ofte raskere enn vegene bygges. Nye veger bygges iht. gjeldende krav i håndbøkene, men mange av de eksisterende vegene er bygd etter gamle krav og tilfredsstillende ikke alltid dagens standard.

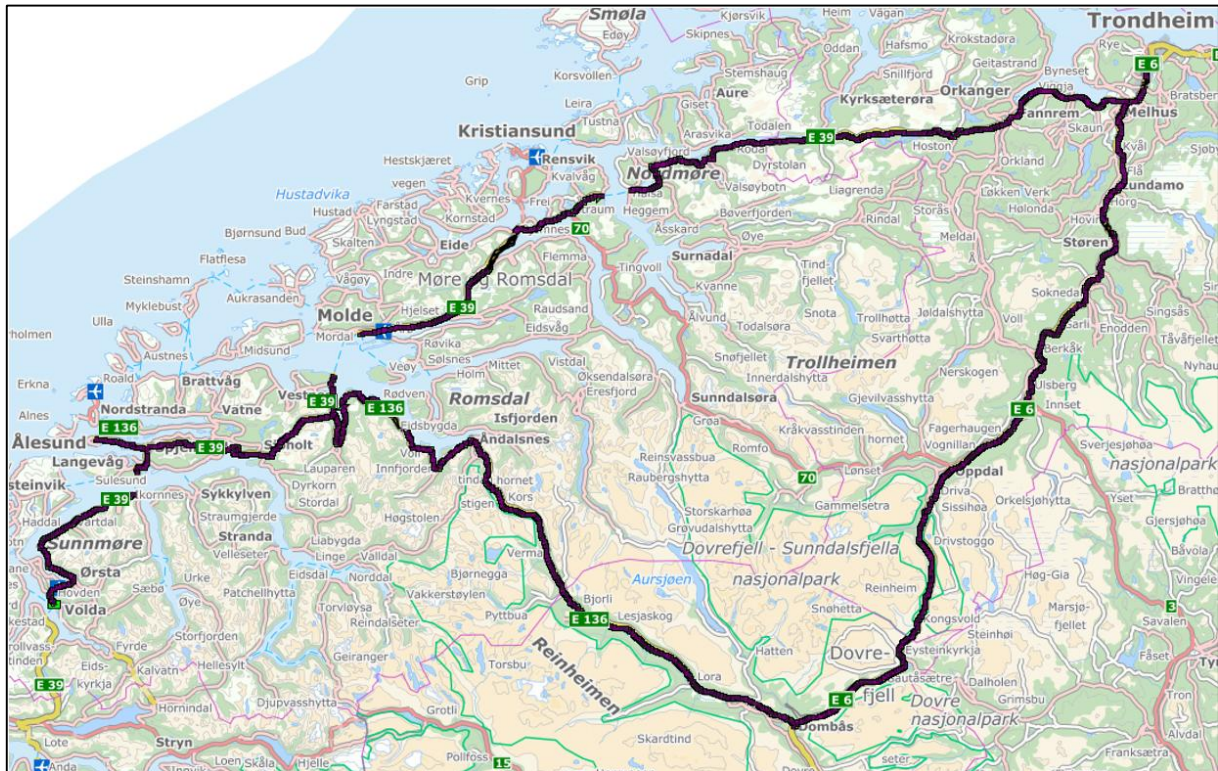
Det er ikke uvanlig at gjennomsnittsfarten overskrider gjeldende fartsgrense på stedet (Sakshaug and Hjelkrem 2009). Dette er særlig et problem i kurver som er utformet med minste dimensjonerende horisontalkurveradius. Ettersom Norge er et land med krevende terreng, har vi av naturlige grunner mye kurvatur i vegnettet vårt. Mange vegstrekninger har derfor for liten horisontalradius i forhold til gjeldende krav. Krappe kurver er også forbundet med høy ulykkesfrekvens, noe som utgjør en trussel for trafiksikkerheten.

Det finnes tidligere forskning på veg-geometri og fart i forhold til ulykker, både i utlandet og i Norge. Det viser seg å være vanskelig å analysere sammenhenger mellom linjeføring og ulykkesfrekvens fordi det kan være mange sammenhenger mellom de ulike veg-egenskapene. Veg-egenskapene som beskriver den geometriske utformingen til vegen har ofte sammenheng med terrenget og omgivelsene på stedet (Høye, 2007). Trafikktetthet, fartsnivå og vegstandard kan også variere fra veg til veg, og gjøre det vanskelig å finne sammenhenger mellom veg-geometri, fart og ulykker.

Det er også tidligere blitt gjennomført lignende studentoppgaver fra NTNU hvor man har sett på sammenhenger mellom ulykker og veg-geometri, men kun på utvalgte delstrekninger av E6.

## 1.2 Omfang og begrensninger

I denne oppgaven er det valgt å se på flere vegstrekninger enn E6, slik at man inkluderte flere ulykker i analysen. Analyseområdet inkluderer derfor i tillegg til deler av E6, delstrekninger av de nasjonale hovedvegene E39 og E136 i Møre og Romsdal, Sør-Trøndelag og Oppland som vist i Figur 1-1.



Figur 1-1 Oversiktskart over analyseområdet.

Ettersom veg-geometri er et sammensatt begrep som består av flere komponenter blir det i denne oppgaven satt begrensninger ved å kun se på horisontalkurvatur og tverrfall. Horisontalkurvatur består igjen av mange variabler, noen eksempler er radius, retningsendring, tangentlengde (lengde av rettligne før en kurve), kurvemønster og antall krappe kurver på en strekning. Ettersom oppgaven omhandler mer enn bare horisontalkurvatur, velges det i denne oppgaven å kun se på horisontalradius og forskjell mellom kurver og rettlinjer.

Fart blir også undersøkt, men ettersom det velges å bruke litteratur om fartsberegninger basert på fartsmåling i 80-soner, inngår kun fartsnivå på strekninger med fartsgrense 80 km/t i analysen. Beregnet fartsnivå, både gjennomsnittsfart ( $V$ ) og 85%-fraktile fart ( $V_{85}$ ), inngår sammen med spormålt kurveradius i formel for beregning av minste dimensjonerende horisontalradius. Dersom spormålt kurveradius er mindre enn dimensjonerende horisontalradius, avdekkes feil som utgjør en risiko for trafikksikkerheten.

Horisontalkurvatur, tverrfall og fart undersøkes i forhold til ulykkesfrekvens, definert som antall personskadeulykker per million kjøretøykilometer. Dette skal gjøres ved å analysere ulykkesdata på de tre delstrekningene over en tiårsperiode, fra 2005 til 2014.

Kun møteulykker og utforkjøringsulykker blir inkludert i analysen, ettersom disse er ulykkestypene som leder til flest drepte og hardt skadde, samtidig som ulykkestypene har sterk relasjon til vegens utforming.

Ettersom det i denne oppgaven antas at fart og geometri kan påvirke antall ulykker og det er kjent at den geometriske utformingen til vegen kan ha sammenheng med terreng, omgivelser, trafikk tetthet, fartsnivå og vegstandard, tilstrebes forholdsvis like veg-egenskaper. Alle møte- og utforkjøringsulykker inkluderes derfor ikke i analysegrunnlaget. I sentrumsområder er fartsnivået relativt lavt og man har mer begrenset veg-geometri i form av gateutforming. Fart er avgjørende for skadeomfanget i ulykker, derfor ble kun tofelts vegstrekninger utenfor tettbebyggelse, der fartsnivået er høyere og jevnere, undersøkt. Man ser bort fra vegkryss, rundkjøringer, ramper, armer, avkjørsler, osv. som kan påvirke fartsnivået. Selv om det er forskjell på tunge og lette kjøretøy, for eksempel ved ÅDT og fartsnivå, blir det ikke tatt hensyn til kjøretøytype. Andre forhold som kan bidra til ulykker, som hjulspor, sprekker, hull, bæreevne, værforhold, føreforhold, føreradfærd og teknisk tilstand på kjøretøy, blir ikke tatt hensyn til i oppgaven.

Etter at oppgaven var ferdig begrenset, besto det totale analysegrunnlaget av 420 utvalgte møte- og utforkjøringsulykker over en kjørelengde på ca. 2309 km.



### **1.3 Leserveiledning**

I kapittel 2 gjennomgås metodene, databaser og dataverktøy som er benyttet for innsamling, bearbeiding og analysering av data, samt hvordan litteratursøket er gjennomført.

I kapittel 3 presenteres relevant teori og litteratur innen veg-geometri, fart og trafikkulykker, som danner grunnlaget for oppgaven. Litteratur og tidligere forskning rundt oppgavetema gjennomgås, der blant annet rapporter fra SINTEF og tidligere masterstudenter inkluderes.

I kapittel 4 beskrives datagrunnlaget som ble tatt ut fra Nasjonal vegdatabank, samt bearbeiding av datasettene og gjennomføring av analysen. Der blir det også oppgitt mulige feilkilder, som kan påvirke resultatet.

I kapittel 5 vises resultatene av den gjennomførte analysen.

Resultatene diskuteres og tolkes i kapittel 6.

Konklusjon og anbefaling beskrives i kapittel 7.

I kapittel 8 kommer forslag på hva som kunne ha vært gjort i videre forskning på tema.

Referanser og vedlegg er samlet helt til slutt i oppgaven.

Hvert kapittel er oppbygd med innledende og avsluttende tekst som oppsummerer kapitlene. Dersom man ikke ønsker å lese oppgaven i detalj, men likevel få en rask oversikt over hovedtrekkene oppgaven, kan man lese sammendraget som kommer rett etter fordordet eller oppsummeringstekst i slutten av hvert kapittel.



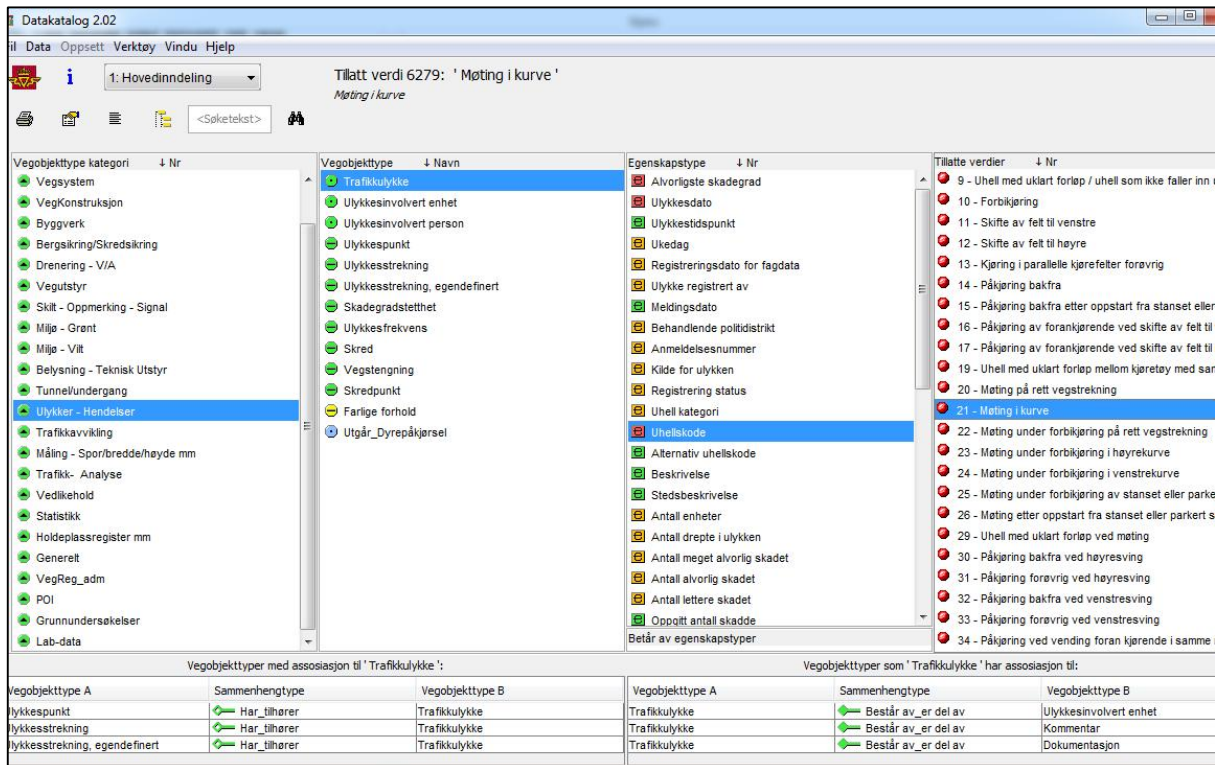
## 2 Metode

I dette kapitlet beskrives de metodene som er benyttet for databehandling og litteratursøk. Først beskrives metodene for databehandling. Ved databehandling blir metoder for datainnsamling, bearbeiding og analysering av datamateriale beskrevet. Valg mellom ulike metoder blir også beskrevet og begrunnet. Deretter beskrives metoder for litteratursøk. Etersom litteratursøk på tidligere forskning er en viktig del av oppgaven, dokumenteres fremgangsmetoden for hvordan søkene er foretatt og hvilke databaser, søkemotorer og søkeord som er benyttet. Utvelgelse av treffene som ble benyttet beskrives til slutt.

### 2.1 Metoder for databehandling

Nasjonal vegdatabank er en database med informasjon om riks- og fylkesveger, kommunale veger, private veger og skogsbilveger. I denne oppgaven ble manuell bruk av Nasjonal vegdatabank (NVBD) benyttet for innhenting av informasjon om ulykker, trafikkmengde, fart og veg-geometrisk data. NVDB er tilgjengelig til fritt bruk for alle fra nettsiden: <http://www.vegvesen.no/Fag/Teknologi/Nasjonal+vegdatabank/Kart>. På grunn av store datamengder, inneholder midlertidig ikke den nettbaserte vegdatabasen alle registrerte vegdata. Etersom det trengtes mer vegdata enn det som var tilgjengeliggjort på nettsiden, ble Statens vegvesen kontaktet via e-post. Passord og brukernavn ble tildelt for ytterligere tilgang og nedlasting av APIet "NVDB 123", som er en utvidet versjon av nettbasert NVDB. Innhenting og bearbeiding av datamateriale fra NVDB 123 beskrives mer detaljert i kapittel 4.

I NVDB 123 ble det først definert hvor data skulle hentes ved å velge fylke, vegnummer og hovedparsell på vegstrekninger. Deretter måtte det defineres hva som skulle hentes ut fra de utvalgte strekningslengdene, såkalte vegobjekttyper. Alle objekttyper er beskrevet i Statens vegvesens egen datakatalog som vist i Figur 2-1. Vegobjektene ble hentet ut fra en vegobjekttype kategori. Videre ble det valgt hvilken egenskapstype som skulle inkluderes i analysen. I Figur 2-1 vises et eksempel der egenskapstypen "uhellskode" ble valgt. Det kom da opp en fane med tillatte verdier som viste ulike uhellskoder. Det ble da foretatt en utvelgelse av aktuelle uhellskoder som skulle benyttes i oppgaven. På samme måte ble alle de andre vegobjektene valgt ut, sammen med tilhørende tillatte verdier som skulle inngå i analysen. De tillatte verdiene som ikke skulle analyseres, ble valgt bort, slik at datasettet ble begrenset og mindre omfattende å hente ut fra databasen. For fullstendig oversikt over vegobjekttype kategori, vegobjekttype og tillatte verdier som inngår i analysen, se vedlegg 2 (Datauttak fra NVDB katalog).



**Figur 2-1** Eksempel på uttak av trafikkulykke og uhellskode fra Datacatalog (Statens vegvesen 2015).

Når alle datasett var hentet ut ble de eksportert direkte til Excel. Datasett for spormålinger (målinger per 20.meter) genererte veldig store filstørrelser, og måtte eksporteres separat fra alle andre datasett. Hvert datasett inkluderte metadata som gir informasjon om andre data, for eksempel vegnavn og historisk status på veg. Noen data inneholdt overflødig informasjon som ikke skulle brukes, og ble fjernet fra Excel-filene.

Det viste seg å være vanskelig å koble spormålingsdata til ulykkesdata, ettersom spormåling relaterte seg til strekninger (ca. 20 meter per spormåling) og ulykkesdata relaterte seg et enkelt punkt på en strekning. For å knytte spormålingsdata til ulykkesdata ble det i denne oppgaven benyttet et databehandlingsverktøy kalt FME. En felles Excel fil med ulykkesdata i en fane og spormålingsdata i en annen fane ble importert til FME. Der ble de to ulike datasettene koblet sammen ved hjelp av felles vegreferanse (Fylkesnummer, vegnavn, hovedparsell og kjørefelt nummer) som var definert i begge settene. Etter sammenkobling var det litt flere spormålinger enn antall ulykker i analysegrunnlaget. Dette kommer av at flere spormålinger (opptil fire stykker) er registrert til samme tid og sted i datauttak fra NVDB. De spormålingene

som overlappet hverandre på samme sted, men som var registrert med ulik måledato, ble eliminert ved å bruke den spormålingen som var registrert ved nærmeste dato til ulykken. På de spormålingene som overlappet hverandre med samme måledato og sted var det ofte registrert ulike verdier på tverrfall, horisontalradius, kjørefeltbredde og spordybde. Dette ble eliminert ved at man brukte gjennomsnittsverdiene av spormålingen. Til slutt stod man igjen med litt flere spormålinger enn ulykker (501 stk.). Det viste seg at noen av spormålingene var overlappende spormålinger som ikke hadde blitt sortert ut i FME, mens et fåtall var oppgitt med ukjent kjørefelt. Disse ble manuelt fjernet direkte i Excel-filen i etterkant, slik at man tilslutt stod igjen med 420 spormålinger koblet til 420 møte- og utforkjøringsulykker. Når det gjelder spormålingsdata hvor det ikke har skjedd ulykker, blir nyeste måledato benyttet.

Spormålingsdata på strekninger det ikke hadde skjedd noen ulykker på ble samlet i egen Excel fil, slik at man lett kunne skille mellom strekninger med ulykker og strekninger uten ulykker. For oversikt over steg i sammenkoblingsprosessen i FME, se vedlegg 3.

Når vegdata skulle analyseres var det to aktuelle fremgangsmetoder som ble vurdert brukt:

- Se kun på vegdata på strekninger hvor det har skjedd ulykker, utelukk strekninger hvor det ikke har skjedd ulykker, for deretter å sjekke om veg-geometri og fart er riktig i forhold til gjeldende krav om vegstandard.
- Se på vegdata på alle strekninger, også der det ikke har skjedd ulykker. Finn ut hvor utformingen er riktig og hvor den er uakseptabel, for deretter å sjekke om ulykkene finner sted på de stedene veg-geometrien og farten er feil i forhold til standardkrav.

Når man beregner ulykkesfrekvens må alle strekninger inngå, ikke bare de strekningene det skjer ulykker på. Etersom ulykkesfrekvens var en del av oppgaveteksten, var det naturlig å gå for fremgangsmetoden hvor man skal undersøke vegdata på alle strekninger. Fremgangsmetoden innebærer analyser med en større datamengde som er mer tidkrevende, men vil ha en fordel ettersom man kan sammenligne resultater mellom vegstrekninger som har ulykker mot de ulykkesfrie strekningene. På denne måten kan man lettere se om det er sammenhenger mellom feil utforming og fart i forhold til ulykkene.

Det ble også vurdert å bruke dataverktøyet SPSS for statistiske beregninger i tillegg til Excel. Etersom det ble liten tid til å sette seg inn og lære det nye dataverktøyet, ble ikke dette prioritert.

Til analyse av fart ble Sakshaug og Hjelkreams formel for målt gjennomsnittsfart og V85-fart benyttet. Det ble først vurdert å bruke formler for fartsberegning ut fra vegbredde og kurveradius som vist i rapporten "Fartsmodell for næringslivets transporter", men ble valgt bort

ettersom disse formlene kun gjaldt tunge kjøretøy. Det ble også vurdert å bruke fartsmodell fra Statens vegvesens nyttekostnadsanalyseverktøy EFFEKT, men pga. liten kjennskap til dette, ble det heller valgt å bruke fartsmodeller fra litteraturstudium.

## 2.2 Metoder for litteratursøk

Det elektroniske Universitetsbiblioteket til NTNU ble benyttet for å søke opp relevant litteratur. De fleste artiklene som er presentert i denne oppgaven er hentet fra søkemotoren Google Scholar, ettersom det kan inkluderes flere ord og setninger i søkefeltet til denne databasen. Ettersom det ikke ble søkt etter noen bestemt forfatter, var denne databasen praktisk å bruke i litteratursøket. I søket på norsk litteratur om veg-geometri og trafikkulykker var det få relevante treff. Det ble derfor benyttet engelske søkeord som ga flere og bedre treff. På Google Scholar ble søkeordene: *road geometry accident*, benyttet.

I søket etter litteratur på fartsmodeller ble søkemotoren Google benyttet, med fokus på søkeordene *fartsmodeller* og *TØI fartsberegninger*. Søket resulterte i en rapport fra SINTEF om fartsmodeller for næringslivets transport. I denne rapporten henviste forfatterne til en annen rapport som også ble benyttet i dette litteraturstudiet: *Linjeføringens betydning for fartsvalg*. Denne rapporten, også fra SINTEF, ble hentet inn via forespørsel på e-post til forlagsleder som opprettet kontakt med medforfatter Odd André Hjelkrem for oversending av offisiell versjon.

Lignende studier fra tidligere studentoppgaver ble funnet gjennom masteroppgave databasen DAIM via NTNU sine nettsider, hvor tidligere masteroppgaver kan søkes opp. Søkeordene som ble benyttet var *veg-geometri*, *tverrfall*, *ulykker*, *trafikkulykker* og *linjeføring*.

Utvelgelse av litteraturreff ble gjennomført ved raskt overblikk av antall ord og setninger som var i overenstemmelse med de søkeordene som ble benyttet. Deretter ble litteratur åpnet og lest raskt over og vurdert etter hvor relevant og støttende teksten var til eget arbeid. Det ble også sett på hvor gammel utgivelsen var etter årstall publisert, forfattere, og hvilket forskningscenter eller etat forfatterne hørte til. Språket i teksten var også et vurderingskriterium ved utvelgelse. Til mer akademisk skrevet, jo mer pålitelig virket teksten. Artikler som ikke hadde hovedfokus på veg-geometri ble sett bort fra.

## 2.3 Oppsummering

Vegdata som inngår i analysen er hentet fra Nasjonal vegdatabank API som er en utvidelse av nettbasert NVDB, tilgjengeliggjort av Statens vegvesen. Ved innhenting av data ble analyseområde og vegobjekttypen man ville ha informasjon om definert i NVDB, og eksportert til Excel. Det var vanskelig å koble spormålingsdata til ulykkesdata i Excel, ettersom spormåling relaterte seg til strekninger og ulykkesdata til punkt. Dataverktøyet FME ble benyttet for å koble sammen disse datasettene. Det ble vurdert to metoder for å analysere sammenheng mellom veg-geometri, fart og ulykker. Ettersom ulykkesfrekvens var en del av oppgaveteksten, og alle strekninger bør inkluderes ved beregning av ulykkesfrekvens, var det naturlig å gå for fremgangsmetoden hvor man skal undersøke vegdata på alle strekninger. Det statistiske beregningsprogrammet SPSS ble vurdert i oppgaven, men ikke benyttet.

I litteratursøket ble søkemotorene Google Scholar, vanlig Google og DAIM benyttet, samt direkte kontakt med forlagsleder og medforfatter. Det ble søkt både på engelsk litteratur og norsk. Treffene som hadde hovedfokus på veg-geometri og som var av nyere dato ble prioritert, samt de treffene som inneholdt flest av søkeordene. Akademisk språk i treffene var viktig i utvelgelsen.





### **3 Teori og litteraturgjennomgang**

Dette kapitlet tar for seg relevant teori og litteratur i forhold til målet med oppgaven. Det meste av teorien er hentet fra Statens vegvesen sine håndbøker, men også deler fra UAG sine dybdeanalyser av dødsulykker, samt Trafikksikkerhetshåndboken (TØI 2012). Først presenteres ulykkesbildet i vegtrafikken, deretter teori om vegutforming, ulykkesfrekvens og fart fra håndbøkene. I litteraturgjennomgangen gjennomgås noe av den tidligere forskningen på sammenhenger mellom veg-geometri, fart og ulykker. Til slutt nevnes to studentoppgaver som er gjennomført ved NTNU de siste tre årene med lignende tema. Kunnskapshull og behov for videre forskning synliggjøres ved enden av kapitlet. Noe av studiene som nevnes i kapitlet er hentet fra Trafikksikkerhetsboken og referert til denne, selv om mange av funnene er utarbeidet av andre. Ettersom man kun refererer til et fåtall sider i Trafikksikkerhetshåndboken, er de originale kildene lett å finne igjen der.

#### **3.1 Ulykkesbildet i vegtrafikken**

Ulykkene i denne oppgaven omhandler kun vegtrafikkulykker. Dette er ulykker med en eller flere skadde eller drepte personer, eller ulykker med kun materielle skader. Minst en bil må være involvert i ulykken, og det må skje på en offentlig- eller privat veg, gate eller plass som er åpen for alle å ferdes. Ulykker som kun involverer fotgjengere regnes ikke som en vegtrafikkulykke. Det gjør heller ikke ulykker ved på/avlastning av kjøretøy og ulykker som skjer i hager/gårdsrom, garasjer eller i skog og mark. Den norske ulykkesstatistikken baseres kun på ulykker som har blitt rapportert til eller av politiet (Jonsson 2014). I oppgaven fokuseres det kun på personskadeulykker i vegtrafikken, ikke ulykker med kun materielle skader.

Det er offentliggjort at 152 omkom i vegtrafikken i 2014 (Statens vegvesen 2015). Dette er 35 mindre drepte enn året før, som resulterte i 187 omkomne. Dersom man ser bort fra et rekordår med kun 145 drepte i 2012, må man tilbake til 1950 med sine 133 drepte for å finne så lave tall. Dette vitner om en positiv utvikling i antall dødsulykker, se Figur 3-1. Ifølge rapporten "Dybdeanalyser av dødsulykker i vegtrafikken 2013" utarbeidet av UAG, er rundt 70 prosent av dødsulykkene fra 2005-2013 møteulykker og utforkjøringsulykker (Statens vegvesen 2014). Møteulykkene utgjør 37 % av dødsulykkene, mens utforkjøringsulykkene er andre størst med 34 % av dødsulykkene.



Figur 3-1 Antall drepte i vegtrafikken 1946-2014 (Statens vegvesen 2014).

I rapporten er det også gitt en oversikt over sannsynlige medvirkende faktorer til at dødsulykkene skjedde. Gjennomsnittlig kan en fjerdedel av alle dødsulykkene skyldes forhold knyttet til veg og vegmiljø, og nesten halvparten av dødsulykkene (44 %) kan skyldes for høy fart etter forholdene eller overskridelse av fartsgrensen. I rapporten nevnes det at vegens linjeføring ofte er et forhold ved vegen som kan ha medvirket til dødsulykken. Dårlig horisontal og vertikal linjeføring kan ofte ha sammenheng med sikthindringer, og kan redusere bilførerens evne til å lese og forstå vegens videre føring. Vegen og vegmiljøet vurderes å sjeldent være en direkte ulykkesårsak, det er heller andre bakenforliggende forhold som har ført til at ulykkene har resultert i dødelig utgang.

Medvirkende faktorer	Andel av alle dødsulykker									
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Gj. snitt
<b>Faktorer knyttet til trafikantene</b>										
Manglende førerdyktighet	48 %	52 %	57 %	57 %	55 %	58 %	45 %	60 %	46 %	53 %
Høy fart etter forholdene /godt over fartsgrensen	49 %	49 %	52 %	51 %	46 %	41 %	35 %	28 %	35 %	44 %
Ruspåvikning	23 %	15 %	21 %	27 %	23 %	21 %	20 %	24 %	16 %	21 %
Tretthet/avsovning	11 %	14 %	15 %	14 %	8 %	14 %	16 %	19 %	15 %	14 %
Sykdom	9 %	10 %	11 %	8 %	8 %	14 %	14 %	9 %	17 %	11 %
Mistanke om selvvalgt ulykke	4 %	8 %	4 %	4 %	7 %	6 %	9 %	6 %	4 %	6 %
<b>Faktorer knyttet til veg og vegmiljø</b>	26 %	28 %	29 %	29 %	24 %	28 %	25 %	29 %	24 %	27 %
<b>Faktorer knyttet til involverte kjøretøy</b>	14 %	21 %	18 %	18 %	27 %	26 %	32 %	24 %	29 %	23 %
<b>Faktorer knyttet til vær-og føreforhold</b>	12 %	18 %	16 %	17 %	14 %	17 %	19 %	15 %	18 %	16 %

Tabell 3-1 Medvirkende faktorer til at dødsulykkene i perioden 2005-2013 skjedde (Statens vegvesen 2014)

Fartsnivået i kollisjonsøyeblikket er avgjørende for alvorligheten og skadeomfanget i ulykkene. Det er sjans for å overleve en frontkollisjon mellom to likevektige, moderne personbiler i 70 km/t. Frontkollisjoner ved høyere fart enn dette, eller ved kollisjon mellom en personbil og et tungt kjøretøy, vil gi så store kollisjonskrefter at en dødsulykke ikke kan unngås. Skadeomfanget kunne vært redusert om fartsnivået i alle dødsulykker hadde vært lavere.

Stedsforhold	Ulykkestype						I alt
	Samme kjøretning	Møteulykke	Kryssulykke	Fotgjengerulykke	Utforkjøring	Andre ulykker	
Rettsrekning	5	23	11	14	21	4	78
Normal kurve		27	4	4	23	3	61
Krapp kurve		8			9	1	18
Kurve med varierende radius		1			5		6
Sammensatte kurver		3		1	3		7
I alt	5	62	15	19	61	8	170

**Tabell 3-2 Dødsulykker fra 2013 fordelt på stedsforhold og ulykkestype (Statens vegvesen 2014).**

Oversikt over dødsulykker i 2013 fordelt på stedsforhold og ulykkestype viser at mesteparten av ulykkene (46 %) skjedde på rettsrekninger. 36 % skjedde i normale kurver, mens kun 18 % av dødsulykkene skjedde i krappe kurver. Ut fra teori og litteratur som omtales senere i oppgaven regnes krappe kurver å være kurver med radius under 400 meter, og normale kurver å være kurver med radius 400-1000 meter.

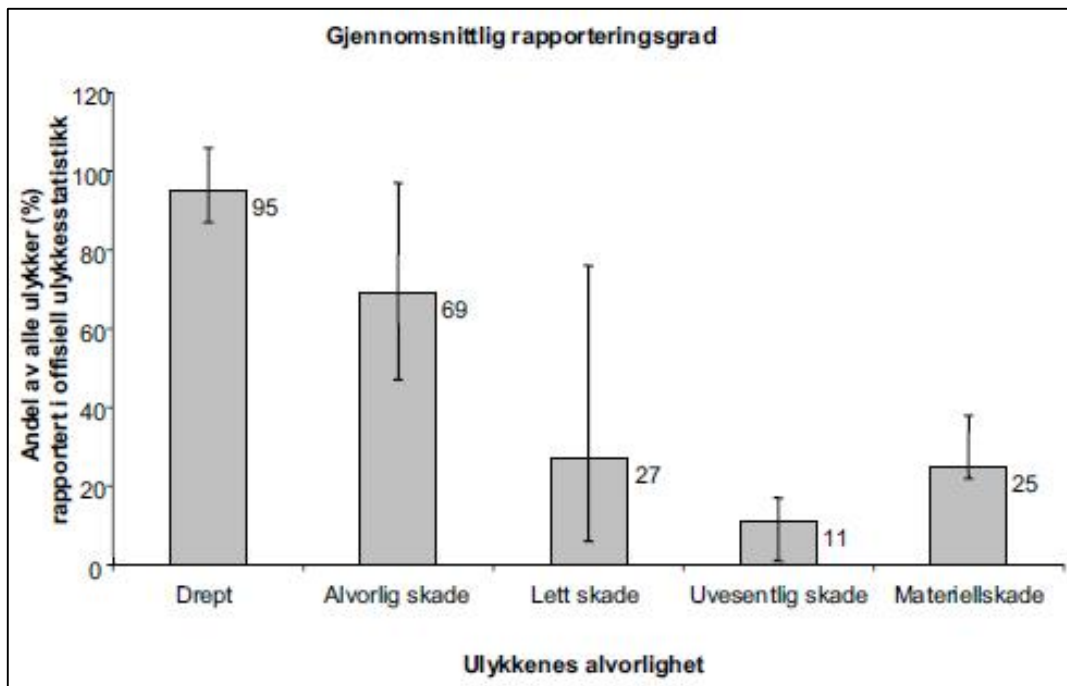
### 3.1.1 Underrapportering av ulykker

Ikke alle trafikkuulykker blir rapportert og inkludert i offisiell ulykkesstatistikk. Det er ikke alle ulykker som er rapporteringspliktige, rapportene kan være ufullstendige og det kan mangle informasjon. Det kan også gis feil informasjon i ulykkesrapportene.



**Figur 3-2 Kilder til bortfall og feil som fører til underrapportering av trafikkuulykker med personskade (TØI 2012).**

Rapporteringsgrad for trafikkulykker med personskade er oftest avhengig av alvorlighet i skadegrad og om et kjøretøy er innblandet eller ikke. Figur 3-3 viser gjennomsnittlig rapporteringsgrad undersøkt av Elvik og Mysen i 1999. Man ser at det er mest underrapportering ved skadegraden "lettere skadd", der kun 27 prosent av ulykkene med lettere skader blir rapportert.



Figur 3-3 Gjennomsnittlig rapporteringsgrad for ulike skadegrader (TØI 2012).

### 3.2 Utforming etter dimensjonerende vegklasser

Etter håndbok N100 skal vegene utformes etter krav fra dimensjonerende vegklasser, der ÅDT og fartsgrense er inngangsparametre. I denne oppgaven tar man utgangspunkt i vegklasser for nasjonale hovedveger og øvrige hovedveger H1-H4 som passer best til strekningene som inngår i analysegrunnlaget. Hver av vegklassene har prosjekteringstabeller med krav til enkeltelementene i veg-geometrien. Tabell 3-3 viser de aktuelle tverrprofilene og de viktigste kravene fra prosjekteringstabellene fra N100 som beskriver gjeldende utformingskrav for Europavegene i denne oppgaven.  $R_{h,min}$  er minste dimensjonerende horisontalkurveradius for vegklassen.

Tverrprofil	Veg-klasse	ÅDT	Farts-grense	R <sub>n,min</sub>
	H1	<4000	60	125
	H1	4000-12000	60	125
	H2	<4000	80	250
	H3	<4000	90	450
	H4	4000-6000	80	300

**Tabell 3-3 Tverrprofiler og dimensjonerende parametere for vegklasse H1-H4.**

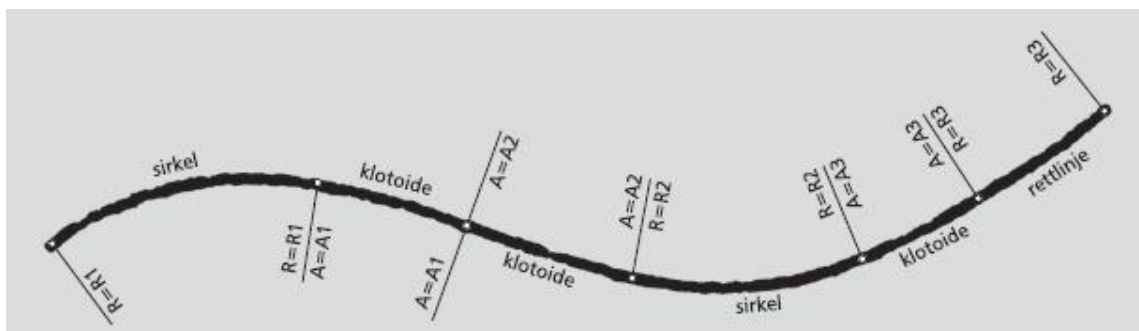
Prosjekteringstabellene viser ulike krav til minste dimensjonerende horisontalkurveradius. Dette kravet varierer ut fra fartsgrense og ÅDT. H1 kan utformes med to forskjellige tverrprofil, avhengig av ÅDT, mens minimumsradius forblir den samme. Man ser at lav fartsgrense medfører liten minimumsradius. H2 og H3 utformes med samme tverrprofil, men har forskjellige minimumsradiuser pga. forskjellige fartsgrenser. Større fartsgrense krever mindre krappe kurver, dvs. større minimumsradius. Man ser at H3 som har fartsgrense 90 km/t har betydelig større minimumsradius enn H2 med fartsgrense 80 km/t. H4 har også fartsgrense 80 km/t, men her er ÅDT større, og man har også større minimumsradius. En grunn til dette kan være at det er større andel tungtrafikk på denne vegen, som får større påkjenninger i krappe kurver. Etersom det både er høy fartsgrense og stor ÅDT på H4, skal det i tillegg til kravene i Tabell 3-3 også benyttes forsterket midtoppmerking.

Noen av de betraktede strekningene var registrert med midtdeler og bredde nøyaktig 12,5 meter. H5 skal utformes som tofelts veg med midtdeler og midtrekkverk samt bredde 12,5 meter, og ble også vurdert å være representativt tverrprofil i oppgaven, men ble sett bort fra ettersom bare fire spormålte kjørestrekninger passet til beskrivelsen.

En stor andel av analyseområdet består av strekninger med fartsgrense 70 km/t. Disse må dimensjoneres etter vegklasser med 60 km/t som dimensjonerende inngangsparameter.

### 3.3 Horisontalkurvatur

Begrepet kurvatur omhandler normalt både horisontalkurvatur og vertikalkurvatur i vegens linjeføring. Ettersom denne oppgaven ikke tar for seg vertikalkurvatur, blir dermed begrepet kurvatur og kurver brukt konsekvent om horisontalkurvatur videre i denne oppgaven. Ved konstruksjon av vegens linjeføring sett i plan, benyttes de tre enkeltelementene rettlinje, sirkelkurve og klotoider, som utgjør vegens horisontalkurvatur. Rettlinjer inneholder ikke noen form for krumming, dvs. at radius er uendelig ( $\infty$ ). Rettlinjer gir god sikt og bidrar til bedre trafikkavvikling ettersom det er gunstig for forbikjøring. Det anbefales ikke bruk av rettlinjer i stort omfang ettersom rettlinjer bringer med seg ulemper. Det er lett å bli blendet av kjøretøy ved mørkekjøring, og man kjører med nærløst over lengre strekninger som reduserer sikten. Det er også vanskelig å vurdere fart og avstand til møtende kjøretøy ved forbikjøring på rettstrekninger, noe som er enklere dersom man kjører i en slak kurve. Svakt krummede kurver med stor radius anbefales derfor. Sirkelkurver er en geometrisk kurve med konstant krumming. Ved kjøring gjennom en sirkelkurve virker det en konstant sidekraft på kjøretøyet dersom man kjører med jevn fart. En veg som har jevn kurvatur med liten variasjon i radius og kurvelengde, bidrar til god optisk ledning av fører og mer sikker kjøring. For å sikre en jevn overgang mellom sirkelkurve og rettlinje eller mellom to sirkelkurver med ulik radius, benyttes normalt klotoider. Dersom klotoiden er utformet riktig, dreier bilfører rattet i klotoiden, og holder et konstant rattutslag gjennom sirkelkurven. På denne måten blir fører bedre forberedt ved kjøring gjennom en krapp sirkelkurve.



**Figur 3-4** Eksempel på sammensetning av de tre horisontalkurvatur elementene (Statens vegvesen 2013).

De kurvene som har horisontalkurveradius mindre enn 40 meter og retningsendring større enn 90 grader kalles slyng. I en slyngkurve ser man bort fra de geometriske kravene på fri vegstrekning. Slyng benyttes ofte for å korte ned veglengder i vanskelig terreng, i rasutsatte områder, for å korte ned tunnallengder eller for å erstatte de helt. Ettersom retningsendring i kurver ikke ble undersøkt i denne oppgaven, velges det å se bort fra kravene tilknyttet slyng.

### 3.4 Ulykkesfrekvens i kurver

Ulykkesfrekvens beregnes ut fra antall observerte ulykker. I håndbok 115 "Analyse av ulykkessteder" er ulykkesfrekvens for kurver og strekninger gitt som:

$$U_f = \frac{U_{\text{obs}}}{\text{ADT} \cdot 365 \cdot \text{Lengde} \cdot \text{År}} \cdot 10^6 \text{ personskadeulykker pr million kjøretøykilometer}$$

Normal ulykkesfrekvens ved normal og god TS-standard baserer seg på empiriske studier av observert antall ulykker. Normal ulykkesfrekvens i kurver i 80-soner kan beregnes ved formlene:

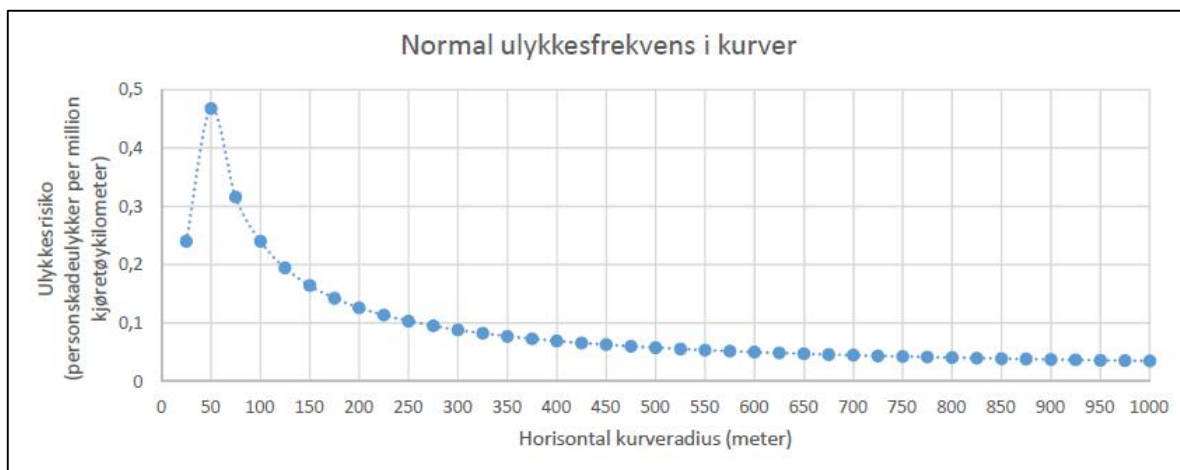
$$U_{f,N} = 0,012 + \frac{22,8}{R} \quad \text{ved } R \geq 50 \text{ m}$$

$$U_{f,N} = 0,24 \quad \text{ved } R < 50 \text{ m}$$

Normal ulykkesfrekvens og skadekostnad for kurver med ulik radius opp til 200 meter vises i Tabell 3-4. Dersom man benytter formlene for normal ulykkesfrekvens i kurver, får man en grafisk fremstilling av ulykkesfrekvens for kurver med radius opp til 1000 meter, illustrert i Figur 3-5. Man ser at normal ulykkesfrekvens er størst ved krappe kurver under 400 m.

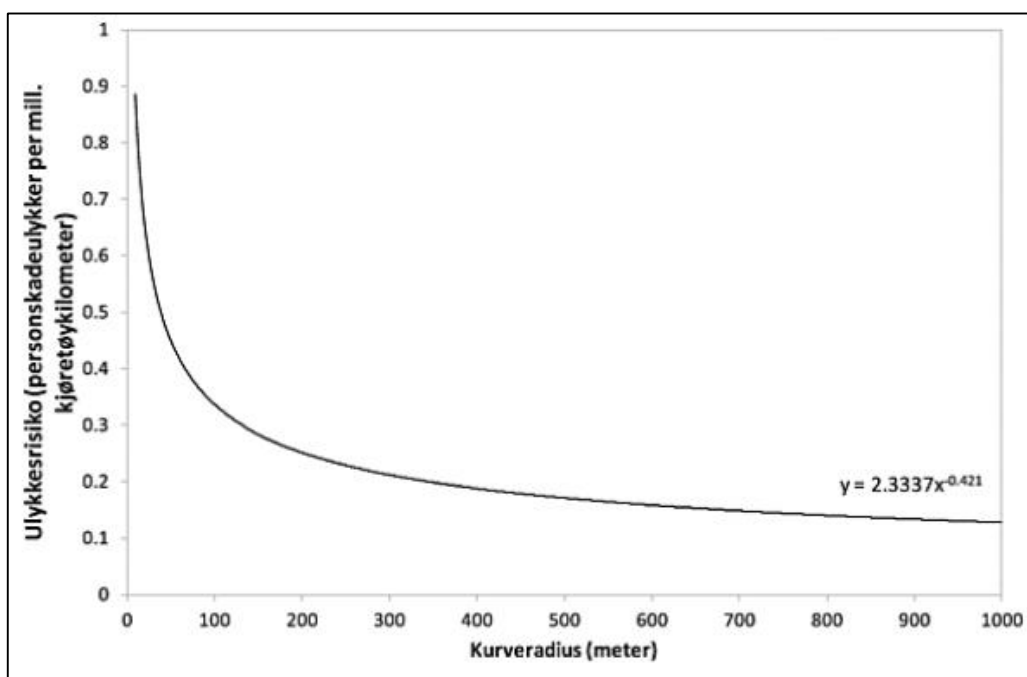
Radius (m)	Ulykkesfrekvens (ulykker pr mill kjkm)		Skadekostnad (kr) pr kjtkm			
			Fartsgr 60		Fartsgr 70 eller 80	
	Normal standard	God standard	Normal standard	God standard	Normal standard	God standard
< 50	0,24	0,19	0,44	0,36	1,12	0,90
50	0,47	0,37	0,87	0,69	2,19	1,75
75	0,32	0,25	0,58	0,47	1,48	1,18
100	0,24	0,19	0,69	0,55	1,08	0,87
125	0,19	0,16	0,56	0,45	0,88	0,70
150	0,16	0,13	0,47	0,38	0,74	0,59
175	0,14	0,11	0,34	0,27	0,38	0,31
200	0,13	0,10	0,30	0,24	0,34	0,27

**Tabell 3-4 Ulykkesfrekvens og skadekostnad for kurver med ulik radius (Statens vegvesen 2007).**



**Figur 3-5 Grafisk illustrasjon av normal ulykkesfrekvens for kurver med ulik radius.**

I Norge skjer ca. en tredjedel av alle politirapporterte personskadeulykker og over halvparten av alle møte -og utforkjøringsulykker i kurver utenfor byer og tettbygde områder. Ulykkesfrekvens i kurver kan variere etter kurveradius, retningsendring, tverrfall, utformet tverrprofil, vertikalkurvatur og avstand til andre kurver. Ifølge trafiksikkerhetshåndboken viser en amerikansk studie at ulykkesfrekvensen i kurver er 1,5 til 4 ganger høyere enn på rettstrekninger (TØI 2012). Typiske ulykkestyper i kurver er eneulykker, veltulykker, møteulykker, nattulykker og ulykker hvor fører har vært påvirket av alkohol (Høye, 2007). Figuren nedenfor viser ulykkesfrekvens i kurver på riksveger i Norge for ulike kurveradiuser opptil 1000 meter.



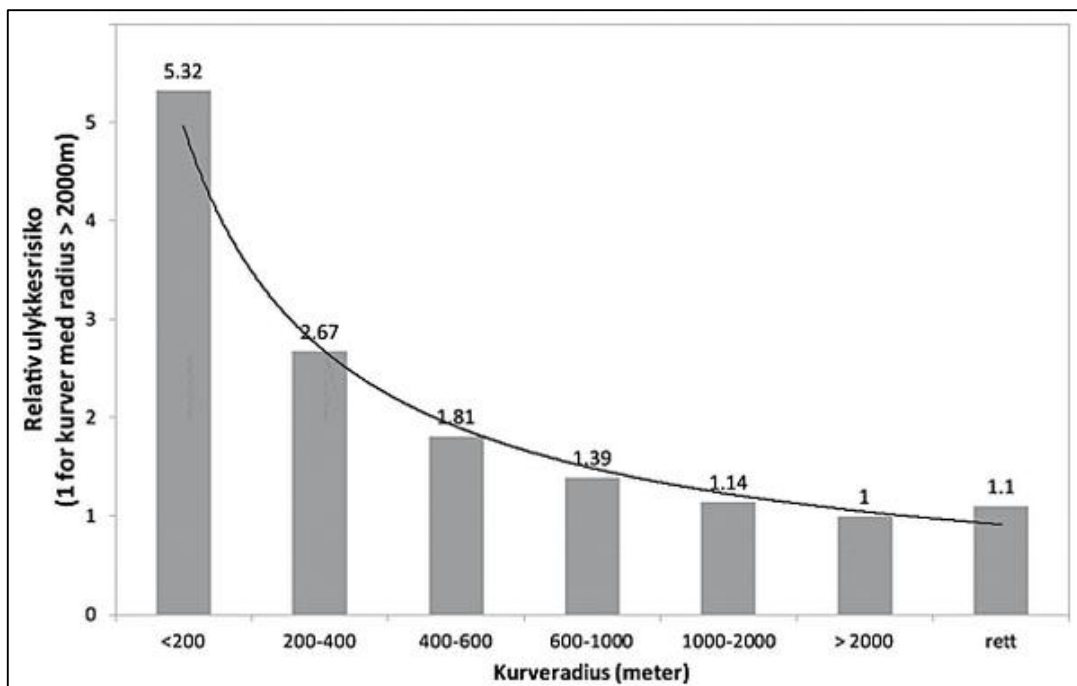
**Figur 3-6 Ulykkesfrekvens i kurver på riksveger i Norge med ulik radius (Høye 2007).**



Man kan se av Figur 3-6 at ulykkesfrekvens på norske riksveger er høyere enn normal ulykkesfrekvens i kurver ved normal og god vegstandard. Dette er særlig tydelig ved små kurveradiuser under 50 meter.

### 3.5 Sammenheng mellom linjeføring og ulykkesfrekvens

I trafikksikkerhetshåndboken hevdes det at det kan være vanskelig å analysere sammenhenger mellom linjeføring og ulykkesfrekvens fordi det kan være mange sammenhenger mellom de ulike veg-egenskapene. Veg-egenskapene som beskriver den geometriske utformingen til vegen har ofte sammenheng med terrenget og omgivelsene på stedet. En veg med mange krappe kurver befinner seg ofte i et helt annet terreng enn en veg med færre kurver og mer rettlinjede kurver (Høye, 2007). Trafikktetthet, fartsnivå og vegstandard kan også variere mellom vegstrekninger, og gjøre det vanskelig å finne sammenhenger mellom veg-geometri, fart og ulykker.



Figur 3-7 Relativ ulykkesfrekvens mellom ulike kurveradiuser og rettlinje (Høye 2007).

Andre studier (beskrevet i Trafikksikkerhetshåndboken) viser at utretting av horisontalkurver reduserer ulykkestallet opp til kurveradius ca. 2000 meter. Utretting av slake kurver til rette linjer gir en økning i ulykkesfrekvens. Størst effekt ser man ved utretting av krappe kurver. Virkningen på ulykker avtar ettersom kurveradius øker. Den mest trafikksikre linjeføringen er mest trolig en veg med slake kurver som gir god forbikjøringssikt (Høye, 2007). Dette ser man tydelig av Figur 3-7 hvor man relaterer ulykkesfrekvens til de slakeste kurvene, som har radius

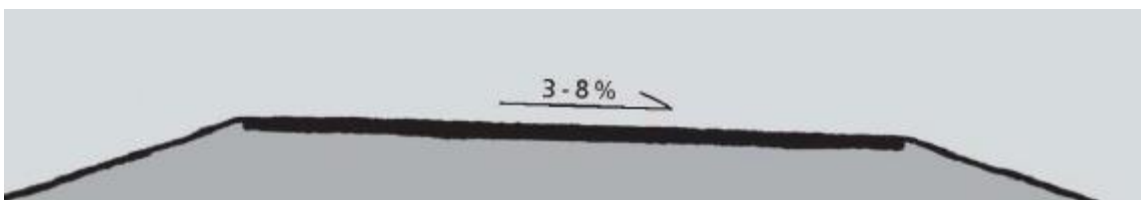
over 2000 meter. Rettlinjer har en ulykkesfrekvens som er 1,1 gang større enn disse slake kurvene. Kurveradier over 1000 meter regnes også som slake, men disse har en større ulykkesfrekvens enn de enda mer slake kurvene med radius over 2000 meter. Normale kurver (400-1000 m) har en relativ ulykkesfrekvens på 1,39-1,81, mens krappe kurver under 400 meter har en relativ ulykkesfrekvens som varierer fra 2,67-5,32.

### 3.6 Tverrfall

Tverrfall defineres som kjørebanelens helning på tvers av vegbanens lengdeakse (kjøreretning på vegen). Dersom vegen har en rettlinjet linjeføring, utformes tverrfallet normalt tosidig i takfall. Ved takfall er vegens tverrprofil utformet slik at senterlinjen til vegen er det høyeste punktet og kjørefeltene på hver side heller ned mot vegskulder. I sirkelkurver blir ensidig tverrfall benyttet, definert som overhøyde. Overhøyden i kurver bygges opp slik at helningen på tvers av vegen har samme retning gjennom hele kurven, der yttersiden av kurven ligger høyere enn innsiden av kurven (Høye 2007). Overhøyden i en kurve har derfor et tverrprofil hvor et kjørefelt har negativt tverrfall og det andre kjørefeltet positivt tverrfall.



Figur 3-8 Tverrfall utformet som takfall på rettlinje (Statens vegvesen 2013).



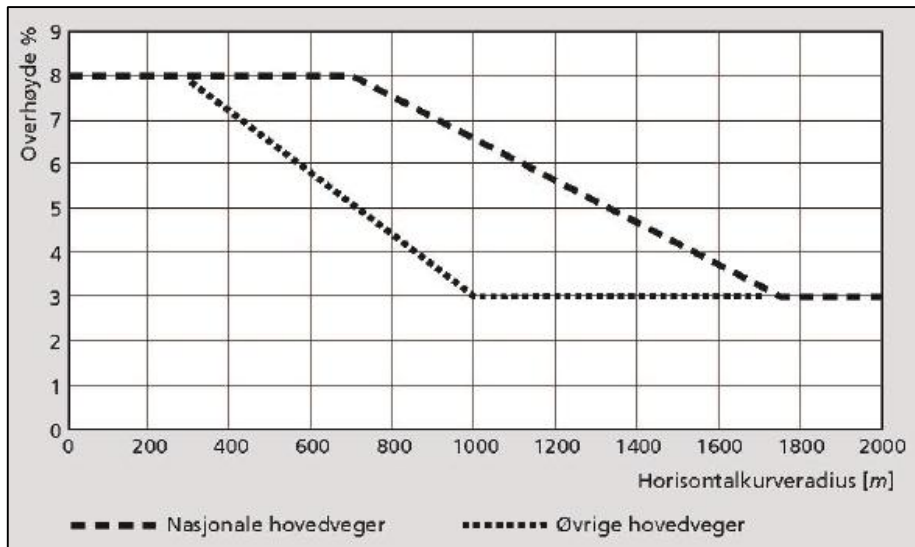
Figur 3-9 Tverrfall utformet med ensidig fall (overhøyde) i en sirkelkurve (Statens vegvesen 2013).

#### 3.6.1 Krav til tverrfall

Krav til tverrfall ved utbedring eller nybygging av nasjonale veger viser i Figur 3-10 at maks tverrfall skal være 8% i kurver med radius mindre enn 700 m og minimum tverrfall er 3% ved kurveradius over 1750 m. Ved radius 700-1750 m finnes kravet til tverrfall ved lineær interpolasjon:

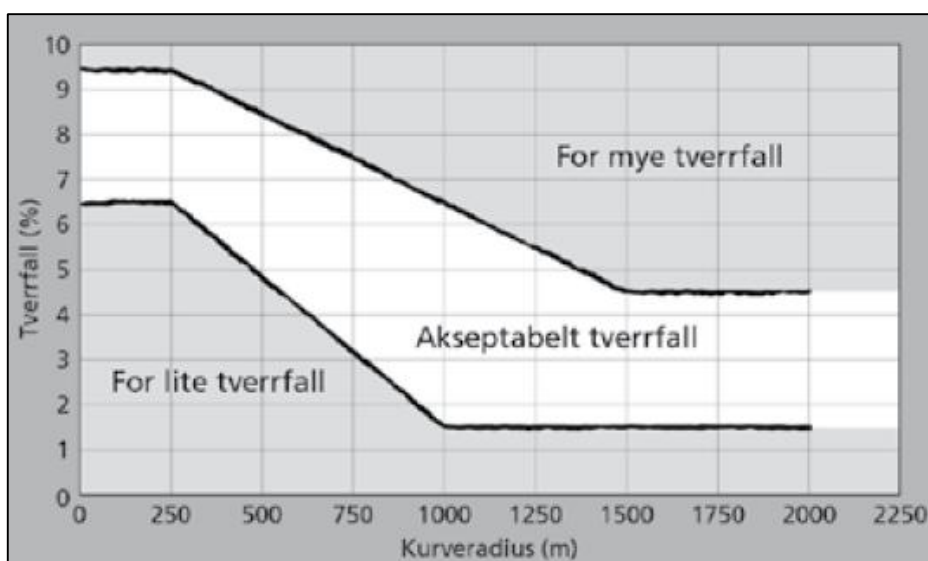
$$e = 8 \cdot 5 \frac{R-700}{1050} \%$$

I tillegg til disse kravene, opplyses det under dimensjoneringsklassene H2-H5 at takfall bør benyttes på veger med fartsgrense 80 km/t og radius >2500 m, og på veger med fartsgrense 90 km/t og radius >3000 m (Statens vegvesen 2013). Takfallet på asfalterte veger skal ha tverrfall på 3 %.



**Figur 3-10 Overhøyde for nasjonale hovedveger og øvrige hovedveger (Statens vegvesen 2013).**

Ifølge vedlikeholdshåndbok R610 utløser ikke feil tverrfall på eksisterende riksvegnett dekkevedlikeholdstiltak i seg selv, men dersom andre parametere utløser vedlikeholdstiltak skal tverrfall iht. Figur 3-11 etableres. I kurver med radius mindre enn 250 meter skal tverrfallet være  $8\% \pm 1,5\%$ , i kurver med radius 1000 meter skal tverrfallet være  $4\% \pm 2,5\%$ . På rette vegstrekninger skal tverrfallet være  $3\% \pm 1,5\%$  (Høye 2007).



**Figur 3-11 Krav til tverrfall ved vedlikeholdstiltak (Statens vegvesen 2012).**

### 3.7 Sammenheng mellom tverrfall og ulykkesfrekvens

Vegens tverrfall i seg selv påvirker ikke ulykkesfrekvens, det er i hvilken grad tverrfallet er utformet optimalt i en kurve som er avgjørende for ulykkesfrekvens. En optimal utforming er avhengig av hvordan kurven er utformet med tanke på radius, vinkel og lengde, samt farten og sidefriksjon i kurven (Høye, 2007). Utbedring av tverrfall baseres hovedsakelig på fartsmodeller. Trafikksikkerhåndboken henviser til flere studier av virkning på ulykker ved forbedring av tverrfall, som gir spredte resultater. I noen studier ble det funnet at ulykkene ble redusert når tverrfall ble rettet opp, i andre studier ble det ikke funnet noen ulykkesreduksjon.

### 3.8 Sidefriksjon og minste horisontalkurveradius

Det er forskjell i kreftene som virker på et kjøretøy ved kjøring på rettlinje og i kurver. I horisontalkurver oppstår en ekstra kraftkomponent som skaper sidekrefter som virker inn på kjøretøyet ved å tvinge kjøretøyet utover i kurven. Sidefriksjonen skal sammen med tverrfallet (overhøyden) ta opp sidekraft ved kjøring i kurver. Krav til sidefriksjon forutsettes av kombinasjonen tverrfall, kurveradius og fart, der den minste akseptable sidefriksjonen er en funksjon av radius, tverrfall og V85-farten (Høye 2007).

For best mulig kjørekraft og ivaretagelse av trafikksikkerhet i kurver, beregnes minste tillatte horisontalkurveradius ut fra likevekt mellom kreftene som virker inn på kjøretøyet (Statens vegvesen 2013):

$$R_{h,\min} = \frac{v^2}{127 \cdot (e_{\max} + f_k)} \text{ m}$$

v=fartsgrense med eventuelle fartstillegg (km/t)

$f_k$ =dimensjonerende sidefriksjonsfaktor

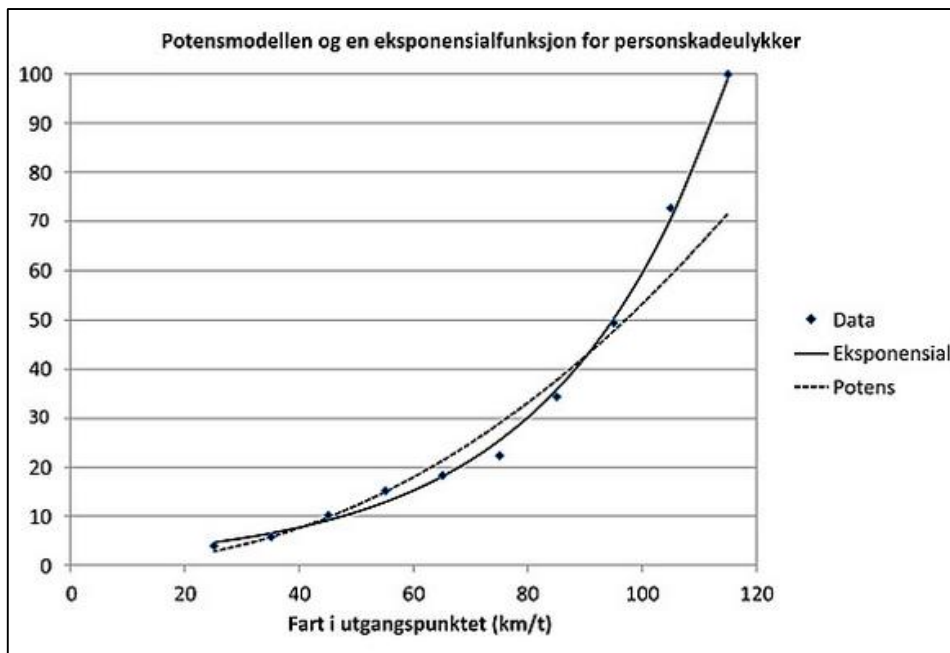
$e_{\max}$ =maksimal overhøyde (m/m)

Tverrfall blir i hovedsak bestemt ut fra horisontalradius, mens minste tillatte horisontalradius bestemmes ut fra fart, tverrfall og sidefriksjon. ÅDT inngår ikke i beregning av minste horisontalradius, men ÅDT inngår som inngangsparameter ved fastsetting av minste horisontalradius i tabellkrav for vegklasse.

### 3.9 Horisontal linjeføring og fart

Fart er en av de faktorene som påvirker antall ulykker og alvorlighetsgrad i ulykkene i størst grad. Økt fart gir mindre sikkerhetsmargin når fører må reagere på en fare. Når man snakker om fart i vegsammenheng må man skille mellom fartsgrense og fartsnivå. Fartsgrenser angir

høyeste tillatte kjørefart, mens fartsnivå er den gjennomsnittsfarten som faktisk blir kjørt på strekningen. Endres fartsgrensen, endres gjennomsnittsfarten og antall trafikkulykker med drepte og skadde (Elvik, 2012).



**Figur 3-12 Sammenhengen mellom fart og personskadeulykker (Elvik, 2012).**

Selv om man har fastsatte fartsgrenser på veg kan linjeføringen påvirke førerens fartsvalg. I krappe kurver vil tunge kjøretøy ofte holde en lavere fart en lette kjøretøy, fordi det krever mer plass og har lavere veltestabilitet (Høye 2010). Større kurveradius fører til større fart, på grunn av mer tilgjengelig sidefriksjon. Forbikjøring kan gi økt gjennomsnittsfart på en vegstrekning. Selv om små kurveradiuser fører til lavere fart ved normal kjøring, kan de gi flere forbikjøringer ettersom større deler av vegen er uten kurver og har tilstrekkelig sikt lengde.

Man skiller gjerne mellom dimensjonerende fart og faktisk fartsnivå (V85). Dimensjonerende fart er den maksimale farten som kan kjøres over en hel vegstrekning basert på veg-geometriens minimale egenskaper (for eksempel minste tillatte horisontalradius), og skal sikre tilstrekkelig sidefriksjon i en kurve. Faktisk fartsnivå, 85 %-fraktilen, er den farten 85 prosent av alle kjøretøy ikke overskrider. V85 kan måles ved å finne gjennomsnittsfarten på en strekning eller beregnes ved hjelp av statistiske fartsmodeller basert på kurveradius eller vegbredde (Høye, 2007).

### 3.10 Fartstillegg og fartsprofiltillegg

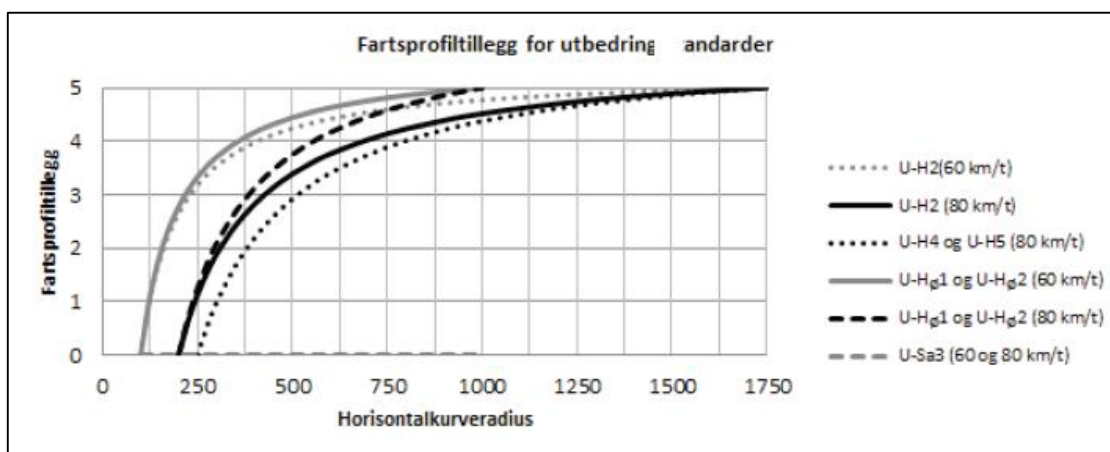
I noen tilfeller utformes og dimensjoneres enkeltelementer i linjeføringen ut fra en større fart enn fartsgrensen, ved at det legges til et fartstillegg ( $\Delta v_t$ ) og/eller et fartsprofiltillegg ( $\Delta v_{pt}$ ). Fartstillegget kommer av vurderinger i forhold til risiko og konsekvens, og deles opp i fire fartstillegg: 0, 5, 10 og 15 km/t. Fartsprofiltillegg kommer av hensyn til at bilister øker farten ved økende vegstandard, og varierer mellom 0 og 5 km/t, se Figur 3-13. Ettersom fartsgrense ligger til grunn for krav til veg-geometri, kan fartstillegg og fartsprofiltillegg påvirke minimumsverdiene i dimensjoneringstabellene til de ulike vegklassene. Faktor for sidefriksjon finnes ved hjelp av Tabell 3-6. Fartstillegg vurderes kun ved bygging av ny veg. Ettersom denne oppgaven tar for seg eksisterende vegnett, blir ikke fartstillegg brukt, kun nevnt i dette kapitlet.

ADT	< 1500		1500 - 4000		4000 - 6000	6000 - 12000
Fartsgrense	60	80	60	80	80	80
Hovedveger	U-H2	U-H2	U-H2	U-H2	U-H4	U-H5
Øvrige hovedveger	U-H <sub>1</sub>	U-H <sub>1</sub>	U-H <sub>2</sub>	U-H <sub>2</sub>		
Samleveger	U-Sa3	U-Sa3				

Sikkerhetsfaktor - friksjon 1,10
Sikkerhetsfaktor - friksjon 1,50

Tabell 3-5 Sikkerhetsfaktor for de ulike dimensjoneringsklassene ved utbedringsstandard (Statens vegvesen 2013).



Figur 3-13 Fartsprofiltillegg ved utbedringsstandard (Statens vegvesen 2013).

Sikkerhetsfaktor	Fartsgrense [km/t]						
	40	50	60	70	80	90	100
1,00	0,30	0,27	0,23	0,22	0,19	0,16	0,13
1,10	0,27	0,25	0,21	0,20	0,17	0,14	0,12
1,25	0,24	0,22	0,19	0,17	0,15	0,12	0,10
1,50	0,20	0,18	0,15	0,15	0,12	0,10	0,09
1,75	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,09	0,07

Tabell 3-6 Sidefriksjon for ulike fartsgrenser og sikkerhetsfaktorer (Statens vegvesen 2013).

### **3.11 Sikkerhet i kurver og veg-geometriske standarder**

I artikkelen "Safety at Curves and Road Geometry Standards in Some European Countries" undersøkes trafikksikkerheten i kurver på tofelts veger utenfor tettbebygde områder, og hvordan disse sikkerhetsaspektene ivaretas i dimensjoneringsstandardene i forskjellige Europeiske land. Sammenhengen mellom faktiske sikkerhetsproblemer i en kurve og utformingskrav ifølge nasjonale håndbøker for vegutforming blir undersøkt, spesielt med tanke på tilhørende krav til fart. Dimensjonerende fart tilpasses vegutformingen etter de standardkravene som er satt, men sikkerhetsproblemer oppstår når fartsnivået (for eksempel V85) er større enn fartsgrensen. Ettersom stopplengden er en funksjon som blant annet bestemmes ut fra fart, kan stopplengden som er dimensjonert på vegen blir for kort når farten øker over dimensjonerende fart. Når det gjelder kurveradius fokuserer artikkelen på hovedelementene i kurvegeometrien og plasseringen av kurven i den horisontale linjeføringen. Resultatene viser at en linjeføring med stor grad av kurvatur kan være sikrere enn relativt rett linjeføring på vegen. Ulykkesfrekvens ved små kurveradius er stor når gjennomsnittlig kurvatur på hele strekningen er lav, mens når det er mye kurvatur på strekningen er ulykkesfrekvens relativt lav. Andre resultater viser at ulykkesfrekvens er avhengig av kurveradius og lengden på rettlinjen før en sving, som også kan være en kurve med radius større enn 1000 meter. Ulykkesfrekvens øker når radius reduseres og lengden på rettlinje økes. Resultatene viser at det er fordelaktig med gjentakende mønster i kurveutvikling som lett kan leses av den kjørende (Brenac 2007).

### **3.12 Fartsberegningsmodeller**

Det er nevnt i teoridelen at fartsnivå kan være forskjellig fra tillatt fartsgrense. I SINTEF-rapporten "Fartsmodell for næringslivets transport. Datagrunnlag og dokumentasjon av modell" er det forsket på en beregningsmodell for realistisk fartsnivå basert på vegens geometri (Tørset, Aakre et al. 2011). Modellen kan benyttes til å bestemme fartsnivået på bestemte strekninger avhengig av vegens geometriske utforming. Data om veg-geometri er hentet fra NVDB, og fartsnivå er målt ved montert GPS-mottaker i tunge kjøretøy. Beregningsmodellen tar utgangspunkt i kjøretøyets basisfart på flat rett veg og reduksjon av fart ved smale veger, veger med mye svinger, stigninger og fall, og beregner enn forventet gjennomsnittsfart. Fartsmodellen består av fire separate delmodeller: Basisfart, vegbreddemodellen, horisontalkurvaturmodellen og stignings- eller fallmodellen.

Basisfart defineres i rapporten som den farten trafikanten gjennomsnittlig vil kjøre i dersom det ikke er forhold på vegen som kan påvirker farten til kjøretøyet, for eksempel annen trafikk eller

vegutformingen. I Tabell 3-7 ser en at basisfarten er lavere enn fartsgrense ved 90 km/t. Dette kan ha årsak i at det er montert fartssperrer på 90 km/t på de tunge kjøretøyene som er med i fartsregistreringene.

Fartsgrense	Basisfart for tunge kjøretøy
Under 50 km/t	Fartsgrensen
50 km/t	56 km/t
60 km/t	67 km/t
70 km/t	75 km/t
80 km/t	80 km/t
90 km/t	84 km/t

**Tabell 3-7 Basisfart for tunge kjøretøy ved ulike fartsgrenser (Tørset, Aakre et al. 2011).**

I horisontalkurvaturmodellen beregnes forventet gjennomsnittsfarten ved denne formelen:

$$\bar{v} = B_0 + B_1 \cdot R^{B_2}$$

hvor

$\bar{v}$  = gjennomsnittsfart (km/t)

R = radius i meter

B<sub>0</sub>, B<sub>1</sub> og B<sub>2</sub> = parametre

Endelige modellformuleringer for ulike fartsgrenser er vist i Tabell 3-8 nedenfor.

Fartsgrense	Modellformulering
80 km/t	$\bar{v}_{80} = 83,2 - 14600 \cdot R^{-1,387}$
70 km/t	$\bar{v}_{70} = 76,1 - 26000 \cdot R^{-1,568}$
60 km/t	$\bar{v}_{60} = 67,6 - 113000 \cdot R^{-1,978}$
50 km/t	$\bar{v}_{50} = 56 - 57000 \cdot R^{-2,52}$

**Tabell 3-8 Horisontalkurvemodeller for ulike fartsgrenser (Tørset, Aakre et al. 2011).**

I vegbreddemodellen beregnes en forventet gjennomsnittsfart ved denne formelen:

$$\bar{v} = 10 + VB \cdot 10$$

hvor

$\bar{v}$  = gjennomsnittsfart (km/t)

VB = vegbredde i meter

Man ser av formelen at forventet gjennomsnittsfarten øker når vegbredden øker.

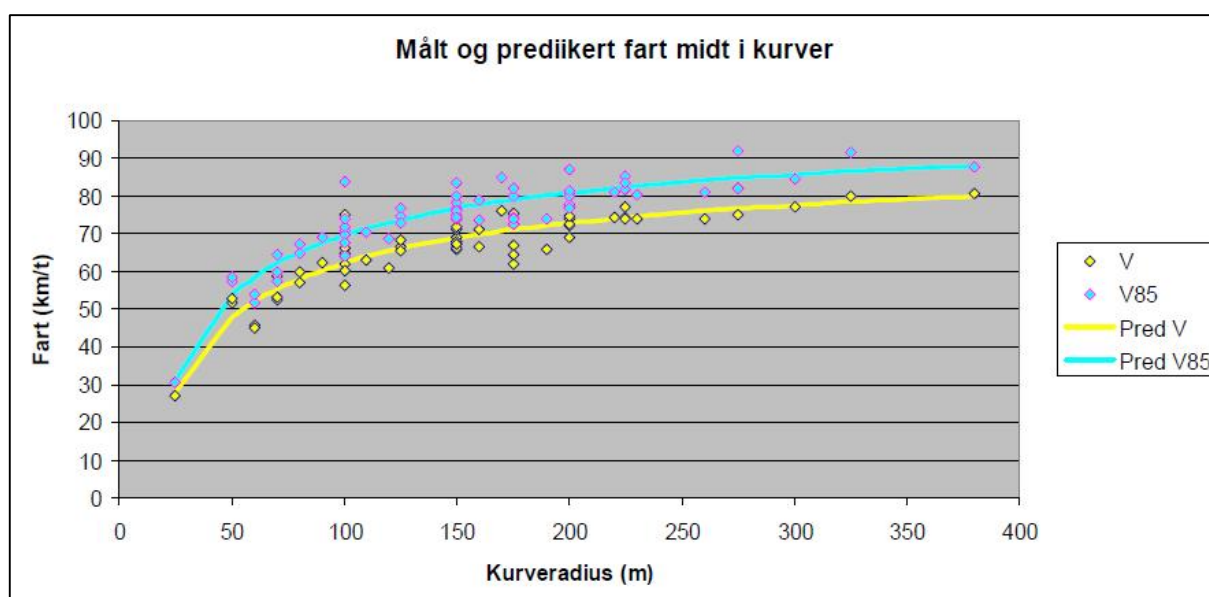


### 3.13 Linjeføringens betydning for fartsvalg

I notatet "Linjeføringens betydning for fartsvalg og ulykkes- og skaderisiko på vegstrekninger" fra SINTEF ble det gjennomført fartsmålinger i kurver og på flat og rett veg for å kunne beregne førerens virkelige fartsvalg ved hjelp av ikke-lineære regresjonsanalyser (Sakshaug and Hjelkrem 2009). Målingene ble gjennomført på steder med fartsgrense 80 km/t og omfatter både tunge og lette kjøretøy. Gjennomsnittsfarten på rettstrekninger for lette og tungekjøretøy sett under ett ble funnet til 79,5 km/t, altså litt under gjeldende fartsgrense. 85 %-fraktilen ble beregnet til 89,3 km/t. I kurver ble gjennomsnittsfarten og 85%-fraktilen beregnet som illustrert i Figur 3-14. Følgende sammenhenger ble funnet mellom gjennomsnittsfarten, 85%-fraktilen og kurveradien:

$V=100,4-324,4*R^{-0,465}$ , hvor determinasjonskoeffisienten  $R^2=0,86$

$V85=107,0-393,6*R^{-0,512}$ , hvor determinasjonskoeffisienten  $R^2=0,87$



**Figur 3-14** Målt og predikert gjennomsnittsfart og 85%-fraktil i kurver (Sakshaug and Hjelkrem 2009).

Det ble funnet at kurvene for fartsnivå flater ut ved kurveradius over 400 meter, som vil si at fartsnivået er tilnærmet lik fartsnivået på rette strekninger. Det ble også funnet at utnyttet sidefriksjon og ulykkesfrekvens er størst ved kurveradius 50-70 m. Ifølge rapporten er ulykkesfrekvensen på rettstrekninger 10 prosent høyere enn i slake kurver med radius 1000-2000 m.

### 3.14 Studentoppgaver fra NTNU

To studenter ved NTNU har tidligere skrevet masteroppgaver om lignende tema. "En studie av sammenhengen mellom horisontalkurvatur, tverrfall og trafikkulykker på vegnettet" fra 2012 og "Veg-geometriens betydning for trafikkulykker" fra 2014. Bogdashovas oppgave fra 2012 viser en studie av sammenhengen mellom horisontalkurvatur, tverrfall og trafikkulykker på strekningen E6 Sør-Trøndelag, fra Oppdal til Stjørdal. Det ble funnet at ca. 50 prosent av betraktet strekning hadde manglende eller feil tverrfall, spesielt på strekninger med svært krappe kurver (kurveradius under 500 meter). Manglende eller feil tverrfall i kombinasjon med svært krappe kurvene ble funnet til å gi økt ulykkesfrekvens, særlig ved betraktning av møteulykker og utforkjøringsulykker. Størst sammenheng mellom tverrfallsfeil og ulykkesfrekvens ble funnet ved møteulykker. Ulykkesfrekvens ved møteulykker var størst ved tverrfallsavvik over 7 % i kurver. Ved analyse av møte- og utforkjøringsulykker var det lavere ulykkesfrekvens ved tverrfallsfeil større enn 9 % enn 7-9 %. Både for møte- og utforkjøringsulykker er sammenheng mellom ulykkesfrekvens og tverrfallsfeil større i kurver med radius under 1000 m, og størst i kurver med radius under 500 meter. I møteulykker er ulykkesfrekvens 9 ganger høyere ved tverrfallsavvik over 9% enn ved riktig tverrfall ved kurveradius under 500 meter. Resultatene viser at det finnes ingen sammenheng mellom alle typer ulykker og feil tverrfall (Bogdashova 2012).

Lofthaugs oppgave fra 2014 viser en studie av sammenhengen mellom vegbredde, horisontalkurvatur, tverrfall, spordybde og antall trafikkulykker på strekningen E6 Nord-Trøndelag opp til Mosjøen i Nordland. Lofthaug ser på flere veg-egenskaper og vektlegger ulykker med tunge kjøretøy, ettersom disse er mer utsatte for ulykker ved smal veg og feil tverrfall. Resultatene av rapporten viser at ulykkesfrekvens øker til smalere vegbredde som er benyttet på vegnettet. På ulykkespunktene var vegen smalere enn gjennomsnittlig og andelen feil eller manglende tverrfall var større enn på ulykkesfrie strekninger. I oppgaven blir ikke spordybde vurdert til å utgjøre noen stor fare for trafikksikkerheten. Tverrfallet er sjeldent innenfor kravet. Lofthaug hevder at feil tverrfall er hovedårsaken til ulykkene, ettersom nesten alle av ulykkene som skjedde hvor det var feil i tverrfallet, var møte- og utforkjøringsulykker. Standardsprang i vegutformingen blir vurdert som mulig medvirkende årsak til mange av ulykkene (Lofthaug 2014).

I begge oppgavene undersøkes trafikkulykker over en tiårsperiode, men de ser på litt ulike perioder, ettersom masteroppgavene er skrevet med to års mellomrom. De ser også på helhetlige vegstrekninger, ikke stykkevis, hvor vegstrekningene ligner hverandre. Det gis i begge

rapporter et kostnadsoverslag på hvor mye det vil koste å utbedre feil eller manglende tverrfall. Lofthaugs rapport inkluderer også et kostnadsoverslag på utvidelse av vegbredde. Bogdashova mener utbedring av tverrfallet vil være kostnadskrevende. Lofthaug mener det er dyrere å utbedre tverrfallet enn hva ulykkene koster samfunnet.

### **3.15 Behov for videre forskning**

Ut fra den litteraturen som er gjennomgått er det tydelig mye kunnskap og forskning på hvordan linjeføring og ulykkesfrekvens henger sammen. Selv om krappe kurver er funnet å ha høy ulykkesfrekvens, er ikke kurver nødvendigvis det mest trafikkfarlige, rettlinjier kan også bidra til økt ulykkesfrekvens. Viktigheten av et lettleselig vegsystem med gjentakende mønster i kurveutviklingen er noe som gjentas ofte i litteraturen. Det viste seg at fartsnivået har en sentral rolle når det gjelder ulykkesfrekvens på veier. Foreløpig tar trafiksikkerhetsanalyser utgangspunkt i forventet gjennomsnittsfart ved hjelp av fartsberegningsmodeller. Disse modellene er kun et estimat og kan avvike noe fra den virkelige farten i ulykkene. Hadde man hatt flere stasjoner med fartsmålinger langs de norske vegene, hadde det vært lettere å funnet eksakt fartsnivå i ulykkene. Dette kunne bidratt til bedre analyser med mer presise resultater, som igjen kunne dannet et bedre grunnlag for avgjørelser om trafiksikkerhetstiltak.

Lofthaug nevner at det videre hadde vært interessant å sammenligne vegstrekninger med mange ulykker mot vegstrekninger der det ikke har vært ulykker. I videre arbeid ville han ha undersøkt andre vegstrekninger enn E6, for eksempel E136 Dombås-Åndalsnes. Han nevner også at det hadde vært interessant å undersøkt om årsaken til ulykken kunne vært en uheldig kombinasjon av linje-elementer i horisontalkurvaturen; rettlinje før krappe kurver med radius mindre enn 300 m. Til slutt nevner han at det hadde vært ønskelig med innsyn i rapportene til Statens vegvesens ulykkesanalysegruppe (UAG). Dette kalles i dag "Dybdeanalyse av dødsulykker", og kan være en nyttig kilde ettersom analysene fokuserer på de mest alvorligste ulykkene (Statens vegvesen 2015). I denne oppgaven har det blitt undersøkt flere vegstrekninger enn E6, som gir sammenligningsgrunnlag mellom ulike vegstrekninger. Det har også blitt gitt offentlig innsyn i UAG sine ulykkesrapporter etter Lofthaug skrev sin oppgave. Relevant informasjon om dødsulykkene og sannsynlig årsak til at de skjedde beskrives i oppgaven.

Bogdashova fikk ikke tilgang til spormålinger i NVDB fra tidligere perioder enn 2011. Det fikk man derimot i denne oppgaven. Bogdashova nevner i forslag til videre arbeid at det hadde vært interessant å analysert effekten av feil tverrfall i kombinasjon med fartsnivået i kurver, og at

det var viktig å ta med 85%-fraktilen i videre analyser. Dette blir i denne oppgaven gjennomført ved hjelp av formler for fartsberegning nevnt i litteraturen.

### 3.16 Oppsummering

Ulykkesbildet 1946-2014 vitner om en positiv utvikling i antall dødsulykker. 70 prosent av dødsulykkene fra 2005-2013 er møteulykker og utforkjøringsulykker. Vegene og vegmiljøet vurderes å sjeldent være en direkte ulykkesårsak, men kan ha vært en medvirkende faktor i ca. en fjerdedel av alle dødsulykker. Nesten halvparten av dødsulykkene kan skyldes for høy fart etter forholdene eller overskridelse av fartsgrensen.

Ikke alle trafikkulykker blir rapportert og inkludert i offisiell ulykkesstatistikk. Rapporteringsgrad for trafikkulykker med personskade er oftest avhengig av alvorlighet i skadegrad og om et kjøretøy er innblandet eller ikke.

Vegene utformes etter krav fra dimensjonerende vegklasser, som bestemmes ut fra ÅDT og fartsgrense. I denne oppgaven tar man utgangspunkt i vegklassene H2-H5 som passer best til analysegrunnlaget.

Ved konstruksjon av vegens linjeføring sett i plan, benyttes de tre enkeltelementene rettlinje, sirkelkurve og klottoide, som utgjør vegens horisontalkurvatur. Svakt krummede kurver med stor radius anbefales fremfor rettlinjer, fordi store kurver blant annet gir bedre forbikjøringsikt. En veg som har jevn kurvatur med liten variasjon i radius og kurvelengde, bidrar til god optisk ledning av fører og sikker kjøring.

I Norge skjer ca. en tredjedel av alle politirapporterte personskadeulykker og over halvparten av alle møte -og utforkjøringsulykker i kurver utenfor byer og tettbygde områder. Ulykkesfrekvens i kurver kan variere veldig etter kurveradius, retningsendring, tverrfall, utformet tverrprofil, vertikalkurvatur og avstand til andre kurver.

Ulykkesfrekvens i oppgaven beregnes ut fra observert antall ulykker dividert på ÅDT, antall dager i året, lengde på strekning og antall år ulykkene er observert. Ulykkesfrekvens på norske riksveger er høyere enn normal ulykkesfrekvens i kurver ved normal og god vegstandard. Mulig årsak kan være at vi har et vegnett i Norge med for dårlig standard i forhold til dagens utformingskrav.

Det kan være vanskelig å analysere sammenhenger mellom linjeføring og ulykkesfrekvens fordi det kan være mange sammenhenger mellom de ulike veg-egenskapene. Utretting av horisontalkurver reduserer ulykkestallet opp til kurveradius ca. 2000 meter. Utretting av slake

kurver til rette linjer gir en økning i ulykkesfrekvens. Størst effekt ser man ved utretting av krappe kurver.

Tverrfall defineres som en kjørebanes helning på tvers av vegbanens lengdeakse, og kan utformes tosidig i takfall på rettstrekninger eller ensidig som overhøyde i kurver. Maks. tverrfall skal være 8% i kurver med radius mindre enn 700 m og minimum tverrfall er 3% ved kurveradius over 1750 m. Ved radius 700-1750 m finnes kravet til tverrfall ved lineær interpolasjon. Feil tverrfall på eksisterende riksvegnett utløser ikke dekkevedlikeholdstiltak i seg selv, men kan utløses av andre parametere på vegen. I kurver med radius mindre enn 250 meter skal tverrfallet da være  $8\% \pm 1,5\%$ , i kurver med radius 1000 m skal tverrfallet være  $4\% \pm 2,5\%$ . På rette vegstrekninger skal tverrfallet være  $3\% \pm 1,5\%$ . Tverrfall som ikke tilfredsstillende disse vedlikeholds kravene, defineres som uakseptabelt tverrfall.

Sidefriksjonen skal sammen med tverrfallet (overhøyden) ta opp sidekraft ved kjøring i kurver. Den minste akseptable sidefriksjonen er en funksjon av kurveradius, tverrfall og fart, og dimensjonerende minimumsradius beregnes ut fra likevekt mellom kreftene som virker inn på kjøretøyet.

Vegens tverrfall i seg selv påvirker ikke ulykkesfrekvens, det er i hvilken grad tverrfallet er utformet optimalt i en kurve som er avgjørende for ulykkesfrekvensen. Studier av virkning på ulykker ved forbedring av tverrfall, gir spredte resultater.

Fart er en av de faktorene som påvirker antall ulykker og alvorlighetsgrad i ulykkene mest. Man skiller gjerne mellom dimensjonerende fart og faktisk fartsnivå (V85). Selv om man har fastsatte fartsgrenser på veg kan linjeføringen påvirke førerens fartsvalg.

Litteraturstudiet ble hentet fra søkemotorene Google, Google Scholar, NTNUs database for masteroppgaver DAIM, samt direkte kontakt med forfatter.

I artikkelen "Safety at Curves and Road Geometry Standards in Some European Countries" ble det funnet at dimensjonerende fart tilpasses vegutformingen etter de standardkravene som er satt, men sikkerhetsproblemer oppstår når fartsnivået (for eksempel V85) er større enn fartsgrensen.

I rapporten "Fartsmodell for næringslivets transporter" fra SINTEF er det utviklet en beregningsmodell for realistisk fartsnivå basert på vegens geometri. Data om veg-geometri er hentet fra NVDB, og fartsnivå er målt ved montert GPS-mottaker i tunge kjøretøy.

I SINTEF notatet "Linjeføringens betydning for fartsvalg" ble det gjennomført fartsmålinger i kurver og på flat og rett veg for å kunne beregne førerens virkelige fartsvalg ved hjelp av ikke-

lineære regresjonsanalyser. Målingene ble gjennomført på steder med fartsgrense 80 km/t og omfatter både tunge og lette kjøretøy. Det ble funnet at kurvene for fartsnivå flater ut ved kurveradiuser over 400 m, som vil si at fartsnivået er tilnærmet lik fartsnivået på rette strekninger.

I masteroppgaven "En studie av sammenhengen mellom horisontalkurvatur, tverrfall og trafikkulykker på vegnettet" ble det funnet at ca. 50 % av betraktet strekning (E6 Sør-Trøndelag, fra Oppdal til Stjørdal) hadde manglende eller feil tverrfall. Manglende eller feil tverrfall i kombinasjon med svært krappe kurvene ble funnet til å gi økt ulykkesfrekvens, særlig ved betraktning av møteulykker og utforkjøringsulykker. Det nevnes at det videre hadde vært interessant å analysert effekten av feil tverrfall i kombinasjon med virkelig fartsnivå i kurver.

I masteroppgaven "Veg-geometriens betydning for trafikkulykker" ble det funnet at ulykkesfrekvens øker til smalere vegbredde som er benyttet på vegnettet (E6 Nord-Trøndelag opp til Mosjøen i Nordland). På ulykkespunktene var vegen smalere enn gjennomsnittlig og andelen feil eller manglende tverrfall større enn på de stedene det ikke var registrert ulykker. Det nevnes at det hadde vært interessant å undersøkt andre vegstrekninger enn E6 for å sammenligne om vegbredden har betydning for ulykkene også andre steder.

Ut fra den litteraturen som er gjennomgått er det mye kunnskap og forskning på hvordan linjeføring og ulykkesfrekvens henger sammen. Fartsnivået har en sentral rolle når det gjelder ulykkesfrekvens på veger. Foreløpig blir fartsberegningsmodeller benyttet, men disse gir kun et estimat og det kunne vært fordelaktig med bruk av fartsmålingsstasjoner som vil gi et mer presist fartsnivå i ulykkene.

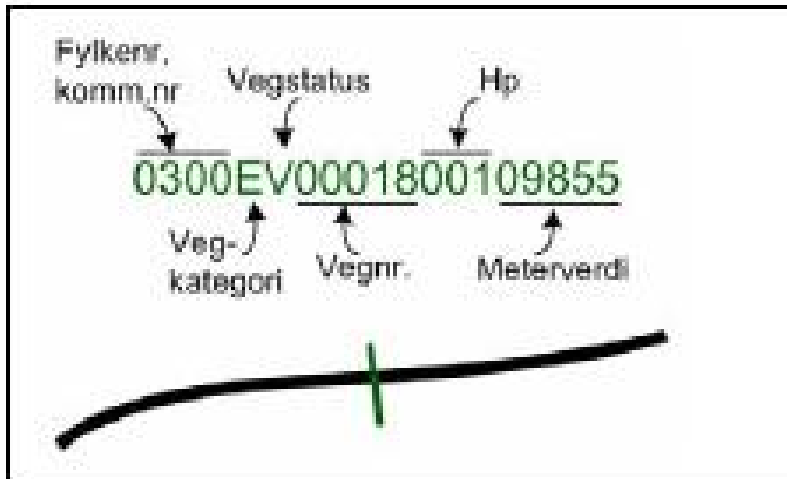
## 4 Planlegging og gjennomføring av analyse

I dette kapitlet gjennomgås analysegrunnlaget, hvordan det er planlagt og gjennomført og hvilke vurderinger og avgrensninger som er gjort underveis. Analysearbeidet er gjort i Excel. Rå materialet fra NVDB blir presentert her, samt formler og andre forutsetninger som er utgangspunkt for beregningene ved bearbeiding av datamaterialet. Mye av formlene bygger på teori og litteratur nevnt tidligere i oppgaven. Først presenteres datagrunnlaget og hvordan det har blitt innhentet, deretter vises det hvordan datagrunnlaget har blitt bearbeidet og klargjort for analysearbeidet. Her vises også en oversikt over de formler som er benyttet i analysen. Potensielle feilkilder i analysen diskuteres til slutt i kapitlet.

### 4.1 Datagrunnlag

Alt datamateriale ble hentet fra APIet "NVDB 123" som det ble skaffet tilgang til gjennom kontakt med NVDB-ansvarlige i Statens vegvesen. Denne databasen krever innlogging med brukernavn og passord som en mottar etter godkjent søknad til Statens vegvesen. Det finnes også en nettbasert NVDB-database åpen for alle, men denne ble kun brukt som støtte i analysearbeidet, ikke til innhenting av data. Statens vegvesen informerer på nettsiden at all bruk av informasjon som er hentet fra NVDB skal oppgis sammen med teksten: "Inneholder data under norsk lisens for offentlig data (NLOD) tilgjengeliggjort av Statens vegvesen". Dette gjelder all data som er hentet fra NVDB og fremstilt i denne oppgaven.

Nasjonal vegdatabank er Statens vegvesen sin sentrale database for det norske vegnettet med tilhørende fagdata på alle kjørbare veier. Fagdata registreres i databasen ut fra spormålinger på vegnettet med spesialutstyrt målekjøretøy. All data som registreres inneholder metadata som knytter ønsket informasjon til en bestemt vegreferanse, se **Error! Reference source not found.** på neste side. Europaveger metrerer fra sør til nord, og fra øst til vest ifølge håndbok V830 "Nasjonalt vegreferansesystem". Felt 1 vil alltid være høyre kjørefelt, mens felt 2 vil være venstre kjørefelt som går i motsatt retning av metring. Ettersom målebil kjører på høyre side, som alle andre kjøretøy, vil ikke begge kjørefelt måles samtidig.



Figur 4-1 Oppbygging av vegreferanse (Statens vegvesen 2010).

#### 4.1.1 Dataområde

I tidligere studentoppgaver ble ulykker og veg-geometri undersøkt kun langs kortere deler av E6 nord og sør for Trondheim. E6 har mange ulykker sammenlignet med mange andre vegstrekninger i Norge, og er derfor godt egnet til ulykkesanalyser. I denne oppgaven er det valgt å se på flere Europavegstrekninger, samtidig som det ses på lengre strekningslengder. I tillegg til deler av E6, skal også E39 og E136 analyseres. For å samle analyseområdet noe lokalt skal de tre vegene bare analyseres mellom Trondheim, Dombås og Volda (sistnevnte via Molde og Ålesund). Hovedparsellene har ikke sammenhengende nummerering gjennom fylkesgrensene, og deles derfor opp i seks deler kort gjengitt nedenfor:

- E136 Oppland Hp 1-5
- E136 Møre og Romsdal Hp 1-6 og 8-9
- E39 Møre og Romsdal Hp 6-9, 13-18, 22-29 og 33-37
- E39 Sør Trøndelag Hp 1 og 3-5
- E6 Oppland Hp 20-21
- E6 Sør Trøndelag Hp 1-11

#### 4.1.2 Innhenting av data fra Nasjonal vegdatabank

Fra NVDB ble det hentet ut ulykkesdata for utvalgt dataområde over en 10-årsperiode, fra og med 1.januar 2005 til og med 31.desember 2014. På de neste sidene vises eksempler på ulykkesdata som ble tatt ut fra NVDB.



NVDB ID	Fylke	K	S	Veg	HP	Meter	Avdeling	Kom	Ulykkesdato	Uhell kategori	Uhellskode	Stedfesting
420698168	5	0	V	E6	20	4330	Oppland	511	20130717	Bilulykke	Enslig kjøretøy kjørte utfor på venstre side i venstrekurve	Nøyaktig
90627192	5	0	V	E6	20	5150	Oppland	511	20051121	Bilulykke	Møting på rett vegstreking	
114365320	5	0	V	E6	20	5450	Oppland	511	20060504	Sykelulykke	Møting under forbikjøring på rett vegstreking	Nøyaktig
114337936	5	0	V	E6	20	5700	Oppland	511	20060718	Mc ulykke	Enslig kjøretøy veltet i kjørebanelen	Nøyaktig
203045566	5	0	V	E6	20	5905	Oppland	511	20081117	Bilulykke	Enslig kjøretøy kjørte utfor på venstre side i høyrekurve	Nøyaktig
457596965	5	0	V	E6	20	7550	Oppland	511	20130905	Bilulykke	Enslig kjøretøy kjørte utfor på høyre side på rett vegstreking	Nøyaktig
154782439	5	0	V	E6	20	8000	Oppland	511	20071206	Bilulykke	Uhell med uklart forløp ved møting	Nøyaktig
119595552	5	0	V	E6	20	8335	Oppland	511	20061124	Bilulykke	Enslig kjøretøy kjørte utfor på høyre side på rett vegstreking	Nøyaktig
415421511	5	0	V	E6	20	9490	Oppland	511	20130708	Bilulykke	Møting på rett vegstreking	Nøyaktig
114362658	5	0	V	E6	20	10550	Oppland	511	20060406	Bilulykke	Enslig kjøretøy kjørte utfor på høyre side på rett vegstreking	Nøyaktig
90628529	5	0	V	E6	20	11300	Oppland	511	20050429	Bilulykke	Enslig kjøretøy kjørte utfor på høyre side på rett vegstreking	
261379259	5	0	V	E6	20	11690	Oppland	511	20100714	Mc ulykke	Påkjøring forøvrig ved venstresving	Nøyaktig
535484418	5	0	V	E6	20	12100	Oppland	511	20140707	Bilulykke	Enslig kjøretøy kjørte utfor på høyre side på rett vegstreking	Nøyaktig
203045572	5	0	V	E6	20	13800	Oppland	511	20081111	Bilulykke	Enslig kjøretøy kjørte utfor på høyre side i venstrekurve	Nøyaktig
428443153	5	0	V	E6	20	15135	Oppland	511	20130716	Bilulykke	Påkjøring bakfra ved venstresving	Nøyaktig
445597333	5	0	V	E6	20	15150	Oppland	511	20130611	Bilulykke	Enslig kjøretøy kjørte utfor på venstre side på rett vegstreking	Nøyaktig
90628449	5	0	V	E6	20	15300	Oppland	511	20050507	Bilulykke	Enslig kjøretøy kjørte utfor på venstre side på rett vegstreking	
140612031	5	0	V	E6	20	18600	Oppland	511	20070710	Mc ulykke	Enslig kjøretøy kjørte utfor på høyre side på rett vegstreking	Nøyaktig
152193109	5	0	V	E6	20	19610	Oppland	511	20071102	Bilulykke	Møting på rett vegstreking	Nøyaktig

**Tabell 4-1 Utdrag av ulykesdata fra NVDB - Generelle ulykkesdata med tilhørende metadata.**

Antall enheter	Antall drept i ulykken	Antall meget alvorlig skadet	Antall alvorlig skadet	Antall lettere skadet	Oppgitt antall skadde
1	0	0	0	1	
2	1	0	0	0	
2	0	0	0	1	
1	0	0	1	0	
1	0	0	0	1	
1	0	0	2	0	2
2	0	1	0	1	2
1	0	0	2	8	
2		0	0	0	

**Tabell 4-2 Utdrag av ulykkesdata fra NVDB – Data om skadegrad.**

Bebyggelse	Værforhold	Lysforhold	Føreforhold	Temperatur
Ukjent	God sikt, opphold	Mørkt med vegbelysning	Glatt ellers	-1
Innenfor tettbebyggelse	Ukjent	Mørkt med vegbelysning	Snø / isbelagt veg	0
Utenfor tettbebyggelse	God sikt, opphold	Mørkt uten vegbelysning	Delvis snø / isbelagt veg	-1
Ukjent	God sikt, opphold	Dagslys	Våt, bar veg	4
Utenfor tettbebyggelse	God sikt, nedbør	Mørkt uten vegbelysning	Glatt ellers	2
Utenfor tettbebyggelse	God sikt, opphold	Ukjent	Glatt ellers	3
Innenfor tettbebyggelse	God sikt, opphold	Dagslys	Tørr, bar veg	6
Innenfor tettbebyggelse	Dårlig sikt, nedbør	Dagslys	Våt, bar veg	12

**Tabell 4-3 Utdrag av ulykkesdata fra NVDB – Data om kjøreforhold.**

I datasettet ovenfor ble ulykkene utenfor tettbebyggelse valgt ut, mens de andre; innenfor tettbebyggelse og ukjent ble valgt bort for å redusere feilkilder.

Vegtype	Stedsforhold	Felttype	Antall kjørefelt	Midtdeler	Vegbredde	Fartsgrense
Vanlig veg/gate	Vegstreking utenfor kryss/avkjørsel	Vanlig kjørefelt	2	Nei	7,1	80
Vanlig veg/gate	Vegstreking utenfor kryss/avkjørsel	Vanlig kjørefelt	2	Nei	6,7	80
Vanlig veg/gate	3-armet kryss (T-kryss, Y-kryss)	Vanlig kjørefelt	2	Nei	7,5	50
Vanlig veg/gate	Vegstreking utenfor kryss/avkjørsel	Vanlig kjørefelt	2	Ja	7,4	60
Vanlig veg/gate	Vegstreking utenfor kryss/avkjørsel	Vanlig kjørefelt	2	Nei	7,2	70
Vanlig veg/gate	Vegstreking utenfor kryss/avkjørsel	Vanlig kjørefelt	4	Ja		80
Vanlig veg/gate	Vegstreking utenfor kryss/avkjørsel	Vanlig kjørefelt	2	Nei	7,7	80
Vanlig veg/gate	Vegstreking utenfor kryss/avkjørsel	Vanlig kjørefelt	2	Nei	7,5	60

**Tabell 4-4 Utdrag av ulykkesdata fra NVDB – Geometriske vegdata og fartsgrense.**

Vegstrekninger utenfor kryss/avkjørsel i datasett ovenfor ble valgt ut som representativt for strekningene.

NVDB ID	Fylke	K	S	Veg	FHp	FMeter	THp	TMeter	Lengde	Avdeling	Kommune	ÅDT, total
84802999	0	0		-	0	0	0	0	0		0	1770
90353693	5	0	V	E6	20	0	20	689	689	Oppland	511	2645
484530908	5	0	V	E6	20	0	20	1560	1560	Oppland	511	2480
90353693	5	0	V	E6	20	793	20	1560	767	Oppland	511	2645
90355173	5	0	V	E6	20	1560	20	10460	8900	Oppland	511	1897
90355172	5	0	V	E6	20	10460	20	21414	10954	Oppland	511	1897
90355171	5	0	V	E6	20	21414	20	30747	9333	Oppland	511	1897
90355170	5	0	V	E6	20	30747	20	30810	63	Oppland	511	1897
90355169	5	0	V	E6	20	30810	20	30900	90	Oppland	511	1817

**Tabell 4-5 Utdrag av data fra NVDB - Total ÅDT.**

Ved innhenting av ÅDT data ble det ikke tatt hensyn til forskjell mellom tunge og lette kjøretøy.

NVDB ID	Fylke	Veg	FHp	FMeter	THp	TMeter	Lengde	Avdeling	Kommune	Fartsgrense
80542688	15	E136	1	0	1	5899	5899	Møre og Romsdal	1539	80
80542685	15	E136	1	25749	1	26538	789	Møre og Romsdal	1539	60
80542400	15	E136	1	26538	1	30229	3691	Møre og Romsdal	1539	80
80542687	15	E136	1	5899	1	8806	2907	Møre og Romsdal	1539	60
80542686	15	E136	1	8806	1	25749	16943	Møre og Romsdal	1539	80
80542400	15	E136	2	0	2	3036	3036	Møre og Romsdal	1539	80
1,73E+08	15	E136	2	3036	2	4470	1434	Møre og Romsdal	1539	80
1,73E+08	15	E136	2	4470	2	8666	4196	Møre og Romsdal	1539	80
1,73E+08	15	E136	2	8666	2	8963	297	Møre og Romsdal	1539	80

**Tabell 4-6 Utdrag av data fra NVDB - Fartsgrenser.**

NVDB ID	EIES AV	Fylke	K	S	Veg	HP	Meter	Avdeling	Kommune	Kjøreretning
420698167		5	0	V	E6	20	4330	Oppland	511	Med metreringsretning
90627193		5	0	V	E6	20	5150	Oppland	511	
90627195		5	0	V	E6	20	5150	Oppland	511	
114365322		5	0	V	E6	20	5450	Oppland	511	Mot metreringsretning
114365319		5	0	V	E6	20	5450	Oppland	511	Med metreringsretning
114337935		5	0	V	E6	20	5700	Oppland	511	Mot metreringsretning
203045565		5	0	V	E6	20	5905	Oppland	511	Mot metreringsretning

**Tabell 4-7 Utdrag av data fra NVDB – Kjøreretning til ulykkesinvolvert enhet**

Dette datasettet måtte innhentes for å finne ut hvilken kjøreretning de ulykkesinvolverte enhetene hadde under ulykken. Med metreringsretningen ble registrert som ulykke i felt 1, mens mot metreringsretning ble registrert som ulykke i kjørefelt 2.

Videre ble felt 1 og 2 importert i datasett for ulykker, slik at hver ulykke kunne tilknyttes et kjørefelt. Til slutt ble ulykkesdata og angitt kjørefelt koblet mot datasett for spøringsdata. Dette er nærmere beskrevet i metode-kapittel.

NVDB ID	Fylke	K	S	Veg	FHp	FMeter	THp	TMeter	Lengde	Felt	Avdeling	Kommune	Måledato	Spordybde	Tverrfall, spc	Hor.radius, spc	Kjørefeltbre
389577294	16	0	V	E6	51	6	51	26	20	1	Sør-Trøndelag	1601	20130506	6,3	-2,9%	474	
525948867	16	0	V	E6	51	7	51	27	20	1K	Sør-Trøndelag	1601	20140626	5,6	-3,5%	-886	
171140001	16	0	V	E6	51	8	51	28	20	2	Sør-Trøndelag	1601	20080713	17,0	0,9%	125	
389577295	16	0	V	E6	51	26	51	46	20	1	Sør-Trøndelag	1601	20130506	10,9	-5,4%	1649	
525948868	16	0	V	E6	51	27	51	47	20	1K	Sør-Trøndelag	1601	20140626	9,5	-5,9%	-1898	
171140003	16	0	V	E6	51	28	51	29	1	2	Sør-Trøndelag	1601	20080713	13,0	1,0%	902	
389577270	16	0	V	E6	51	29	51	47	18	2	Sør-Trøndelag	1601	20130506	15,9	1,5%	2000	
389577297	16	0	V	E6	51	46	51	66	20	1	Sør-Trøndelag	1601	20130506	11,1	-5,4%	2000	
525948870	16	0	V	E6	51	47	51	67	20	1K	Sør-Trøndelag	1601	20140626	10,7	-5,5%	2000	
497826413	16	0	V	E6	51	47	51	67	20	2	Sør-Trøndelag	1601	20140513	6,8	-2,3%	-613	296
389577299	16	0	V	E6	51	66	51	86	20	1	Sør-Trøndelag	1601	20130506	9,3	-3,9%	2000	
525948872	16	0	V	E6	51	67	51	87	20	1K	Sør-Trøndelag	1601	20140626	9,4	-3,8%	2000	
497826415	16	0	V	E6	51	67	51	87	20	2	Sør-Trøndelag	1601	20140513	10,0	-2,5%	-307	282
389577301	16	0	V	E6	51	86	51	105	19	1	Sør-Trøndelag	1601	20130506	8,5	-4,1%	-1826	
525948874	16	0	V	E6	51	87	51	107	20	1K	Sør-Trøndelag	1601	20140626	10,3	-4,0%	2000	
497826417	16	0	V	E6	51	87	51	107	20	2	Sør-Trøndelag	1601	20140513	22,3	-0,6%	691	302
389577303	16	0	V	E6	51	105	51	126	21	1	Sør-Trøndelag	1601	20130506	11,4	-4,6%	-1970	
525948876	16	0	V	E6	51	107	51	127	20	1K	Sør-Trøndelag	1601	20140626	13,9	-4,5%	-1328	
497826419	16	0	V	E6	51	107	51	127	20	2	Sør-Trøndelag	1601	20140513	12,5	0,6%	515	298

**Tabell 4-8** Utdrag av data fra NVDB - Spormålingsdata hver 20 meter på E6.

Det ble hentet ut spormålinger hver 20.meter for hver av de tre vegstrekningene, som viser måledato, spordybde, tverrfall, horisontalradius og kjørefeltbredde. Det ble vurdert å gjøre analyser på spordybde og kjørefeltbredde, men ble senere utelukket pga. lite nytte i oppgaven i forhold til de begrensninger som var satt.

## 4.2 Bearbeiding av datagrunnlaget

Hensikten med oppgaven var å finne ut om trafikkulykker har skjedd på grunn av feil geometri og fart i forhold til gjeldende utformingskrav i vegstandardene. Det skulle undersøkes om det fantes en sammenheng mellom trafikkulykker, veg-geometri og fart, ved å se nærmere på inngående parametere som horisontalkurvatur, tverrfall, ulykkestype, skadegrad, fartsgrense og fartsnivå. Etter å ha innhentet datagrunnlag om dette, måtte datasettene bearbeides og klargjøres for analysearbeidet.

### 4.2.1 Dataavgrensning

På de utvalgte vegstrekningene er det registrert totalt 1189 trafikkulykker fra 1.januar 2005 til 31.desember 2014 uten noen form for generell dataavgrensning.

For å minske feilkilder i datagrunnlaget ble blanke eller usikre data tatt bort. For eksempel tas unøyaktig stedsfesting av ulykken bort. Et annet eksempel er fjerning av blanke data på kjøreretning som angir kjørefelt.

Ettersom tverrfall kan variere mellom kjørebaneer med flere felt i samme kjøreretning (avhengig av slitasje, dreneringsplan, o.l.) og det kan være vanskelig å være sikker på hvilket felt på en flerfeltsveg ett ulykkesinvolvert kjøretøy har vært plassert, analyseres kun ett kjørefelt i hver kjøreretning, altså tofelts veger.

Det blir ikke tatt hensyn til kjøretøytype i analysen, tunge og lette kjøretøy analyseres under ett. I tillegg tas kun bilulykker med i analysen. MC, fotgjenger eller syklist utelates.

Hjulspor, sprekker, slitasje o.l. blir ikke fokusert på i denne oppgaven, selv om datasettene for spormåling inneholder informasjon om spordybde.

Ikke alle ulykkestyper er aktuelle ved fokus på ulykker som har årsak i dårlig veg-geometri. Statens vegvesen deler trafikkulykkene inn i ulike uhellskoder etter typer og nærmere beskrivelse, se vedlegg 4. I denne oppgaven velges det å se på disse uhellskodene:

Type ulykke	Uhellskode	Beskrivelse
Møting	20	Møting på rett vegstrekning
Møting	21	Møting i kurve
Utforkjøring	90	Enslig kjøretøy kjørte utfor på høyre side på rett vegstrekning
Utforkjøring	91	Enslig kjøretøy kjørte utfor på venstre side på rett vegstrekning
Utforkjøring	92	Enslig kjøretøy kjørte utfor på venstre side i høyrekurve
Utforkjøring	93	Enslig kjøretøy kjørte utfor på høyre side i høyrekurve
Utforkjøring	94	Enslig kjøretøy kjørte utfor på høyre side i venstrekurve
Utforkjøring	95	Enslig kjøretøy kjørte utfor på venstre side i venstrekurve

**Tabell 4-9 Oversikt over utvalgte uhellskoder i analysen.**

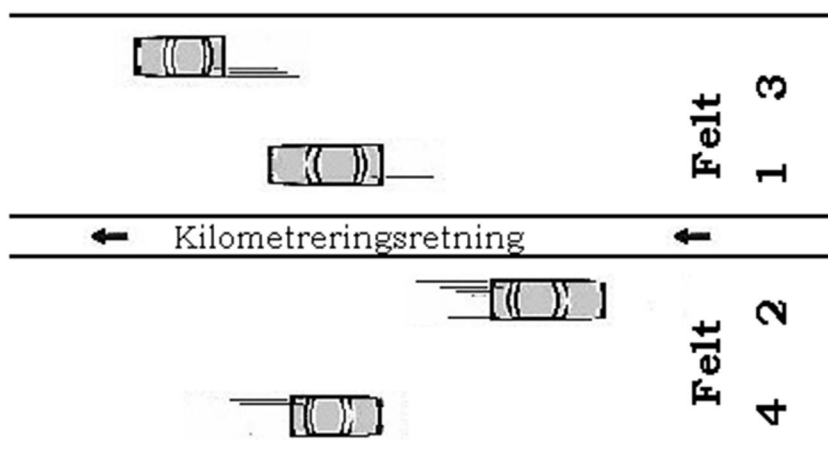
Dette er aktuelle uhellskoder for møteulykker og utforkjøringsulykker. Totalt ble det funnet 661 ulykker av denne typen. Etter generell avgrensning av unøyaktig data ble det endelige analysegrunnlaget begrenset til 420 ulykker på de tre vegstrekningene. De andre uhellstypene er ikke aktuelle eller mindre aktuelle, og utelukkes derfor i analysen.

Etter at dataavgrensningen var komplett stod det igjen 420 ulykker fra 2005-2014 klar til analysearbeidet. Det ferdige analysegrunnlaget utgjør ca. en tredel av utgangspunktet før avgrensningen.

#### **4.2.2 Kjøreretningen til ulykkesinvolvert enhet**

Ulykkene ble ikke alltid opplyst med kjøreretning i Excel-filene eksportert fra NVDB. Det måtte dermed en manuell jobb til for å koble informasjonen fra objekttypen "Ulykkesinvolvert enhet" (som inneholdt informasjon om kjøreretning med eller mot metreringsretningen) med spormålingsdata som blir gjort per felt. I tillegg var noen ulykker uten oppgitt kjøreretning. For at spormålingsdata kan kobles til ulykken, måtte derfor hver enkelt ulykke sjekkes opp mot enkeltbeskrivelse av ulykken. Et fåtall enkeltbeskrivelser hadde ikke noen oppgitt kjøreretning, og måtte dermed kuttes fra analysegrunnlaget. Disse ulykkene hadde kun lettere skade i skadegrad.

For at det kan skilles mellom ulike kjørefelt, tilegnes de en standard nummerering (Statens vegvesen 2011). Nummereringen starter innerst og øker utover i vegbanen. Kjørefeltene som går i samme retning som metreringsretningen er oddetall, mens kjørefeltene som går imot metreringsretningen er partall. Ettersom det kun gjøres analyse på tofelts veger blir kjøreretning koblet mot kjørefelt 1 eller 2, se prinsipp for kjørefeltnummerering i Figur 4-2.



**Figur 4-2 Prinsipp for nummerering av kjørefelt.**

En møteulykke kan ikke ha en definert retning, ettersom det er to kjøretøy involvert med motsatt kjøreretning. Møteulykkene burde derfor i utgangspunktet analyseres separat fra utforkjøringsulykkene, men i denne oppgaven ble bare et av kjørefeltene tilfeldig valgt og sjekket opp for geometrifeil.

### 4.2.3 Ulykkesfrekvens

Ulykkesfrekvens ble undersøkt, der kun utvalgte uhellskoder innen møte- og utforkjøringsulykker ligger til grunnlag for beregning av ulykkesfrekvens. Benyttet formel for ulykkesfrekvens i oppgaven baserer seg på antall observerte ulykker, og er gitt ved:

$$U_{f(x)} = \frac{\sum U_{\text{obs}(x)}}{10 \text{ år} \cdot 365 \cdot \sum (\text{Lengde} \cdot \text{ÅDT})_{(x)}} * 10^6$$

Der verdien av x kan være:

- Horizontal kurveradius (0-50 m, 50-100 m, ..., 950-1000 m, >1000 m)
- Type tverrfall (akseptabelt, uakseptabelt, for mye, for lite, feil veg)
- Tverrfallsavvik (0-1%, 1-3%, 3-5%, 5-7%, 7-9%, >9%)
- For liten kurveradius eller tilstrekkelig kurveradius ved beregnet V eller V85-fart
- Avvik i horisontal kurveradius (0-25 m, 25-50 m, 50-75 m, 75-100 m, 100-125m)

Beregnet ulykkesfrekvens ble til slutt benyttet i grafer for å vise ulykkesfrekvens som funksjon av x.

For å finne ulykkesfrekvens for hvert intervall av tverrfallsavvik ble eksempelvis følgende formel benyttet:

$$U_{f(1-3\%)} = \frac{\sum U_{\text{obs}(1-3\%)}}{10 \text{ år} \cdot 365 \cdot \sum (\text{Lengde} \cdot \text{ÅDT})_{(1-3\%)}} * 10^6$$

hvor

$U_{f(1-3\%)}$  = ulykkesfrekvens for tverrfallsavvik 1-3 %

$\sum U_{\text{obs}(1-3\%)}$  = summen av ulykkene som skjedde ved tverrfallsavvik 1-3 %

$\sum (\text{Lengde} \cdot \text{ÅDT})_{(1-3\%)}$  = summen av trafikkarbeid ved tverrfallsavvik 1-3 %

Ved relativ ulykkesfrekvens ble først ulykkesfrekvens for ulike kurveradius intervall funnet ved bruk av formel beskrevet ovenfor. Slake kurver med radius over 1000 meter ble satt som referanseverdi 1, ettersom de slake kurvene i teoridelen ble sagt å ha lavest ulykkesfrekvens. Ulykkesfrekvensen til de andre kurvene og rettlinsen relaterer seg da til denne verdien. Relativ ulykkesfrekvens ble funnet ved denne formelen:

$$U_{f,\text{relativ}} = 1 + \frac{U_{f(R)} - U_{f(\text{referanse})}}{U_{f(\text{referanse})}}$$

hvor

$U_{f,relativ}$ =den relative ulykkesfrekvensen

$U_{f(R)}$ =ulykkesfrekvens for vilkårlig kurveradius intervall

$U_{f(referanse)}$ =ulykkesfrekvensen for referanseintervallet

#### **4.2.4 Skadeomfang og alvorlighetsgrad**

Skadegrad ble funnet for alle de 420 møte- og utforkjøringsulykker i analysegrunnlaget, delt opp i de standard alvorlighetsgradene; Drept, Meget alvorlig skadet, Alvorlig skadet og Lettere skadet. Etersom det var få personskadeulykker i de alvorligste skadegradene ble skadegradene drept, meget alvorlig skadet og alvorlig skadet slått sammen til kategorien "Drept og hardt skadet", som lettere kan kobles mot nullvisjonen til Statens vegvesen (Ingen drepte eller hardt skadde i vegtrafikken). Deretter ble skadegraden undersøkt i møteulykker og utforkjøringsulykker hver for seg. Skadegrad innenfor hver enkelt uhellskode ble analysert. I alt åtte uhellskoder inngår i analysegrunnlaget, og inkluderer møte- og utforkjøringsulykker i både kurver og på rettstrekninger. Skadegrad ble undersøkt ved kurver og rettlinj, tverrfallsfeil og for liten kurveradius i forhold til beregnet fart. Oversikt over skadegrad kan være viktig dersom det skal vurderes igangsetting av tiltak, og det kreves en kost-nytte analyse.

#### **4.2.5 Sammenkobling av spormålingsdata og ulykkesdata**

I oppgaven var det ønskelig å knytte aktuell spormålingsdata til hver enkelt ulykke, men dette viste seg å være vanskelig ettersom spormåling relaterte seg til strekninger (ca. 20 meter per spormåling) og ulykkesdata relaterte seg et enkelt punkt på en strekning. For å knytte spormålingsdata til ulykkesdata ble det i denne oppgaven benyttet et databehandlingsverktøy kalt FME. En felles Excel fil med ulykkesdata i en fane og spormålingsdata i en annen fane ble importert til FME. Der ble de to ulike datasettene koblet sammen ved hjelp av felles vegreferanse (Fylkesnummer, vegnavn, hovedparsell og kjørefeltnummer) som var definert i begge settene. Etter sammenkobling var det litt flere spormålinger enn antall ulykker i analysegrunnlaget. Dette kommer av at flere spormålinger (opptil fire stykker) er registrert til samme tid og sted i datauttaket fra NVDB. De spormålingene som overlappet hverandre på samme sted, men som var registrert med ulik måledato, ble eliminert ved å bruke den spormålingen som var registrert ved nærmeste dato til ulykken. På de spormålingene som overlappet hverandre med samme måledato og sted var det ofte registrert ulike verdier på tverrfall, horisontalradius, kjørefeltbredde og spordybde. Dette ble eliminert ved at man brukte

gjennomsnittsverdiene av spormålingen. Til slutt stod man igjen med litt flere spormålinger enn ulykker (501 stk.). Det viste seg at noen av spormålingene var overlappende spormålinger som ikke hadde blitt sortert ut i FME, mens et fåtall var oppgitt med ukjent kjørefelt. Disse ble manuelt fjernet direkte i Excel-filen i etterkant, slik at man tilslutt stod igjen med 420 spormålinger koblet til 420 møte- og utforkjøringsulykker. Når det gjelder spormålingsdata hvor det ikke har skjedd ulykker, blir nyeste måledato benyttet.

#### 4.2.6 Bearbeiding av tverrfallsdata

Type tverrfall ble i analysen kategorisert i akseptabelt tverrfall, for mye, for lite tverrfall og tverrfall som ligger feil veg. For mye og for lite tverrfall ble definert ved en øvre og en nedre grense iht. gjeldende krav i håndbok R610. Kravene gjelder kun for ensidig tverrfall i kurver:

Nedre grense For lite tverrfall		Øvre grense For mye tverrfall	
Radius, R (m)	Tverrfall, e (%)	Radius (m)	Tverrfall (%)
0-250	6,5	0-250	9,5
250-1000	$6,5-5 \cdot \frac{R-250}{750}$	250-1500	$9,5-5 \cdot \frac{R-250}{1250}$
>1000	1,5	>1500	4,5

**Tabell 4-10 Vedlikeholdskrav til tverrfall fra håndbok R610.**

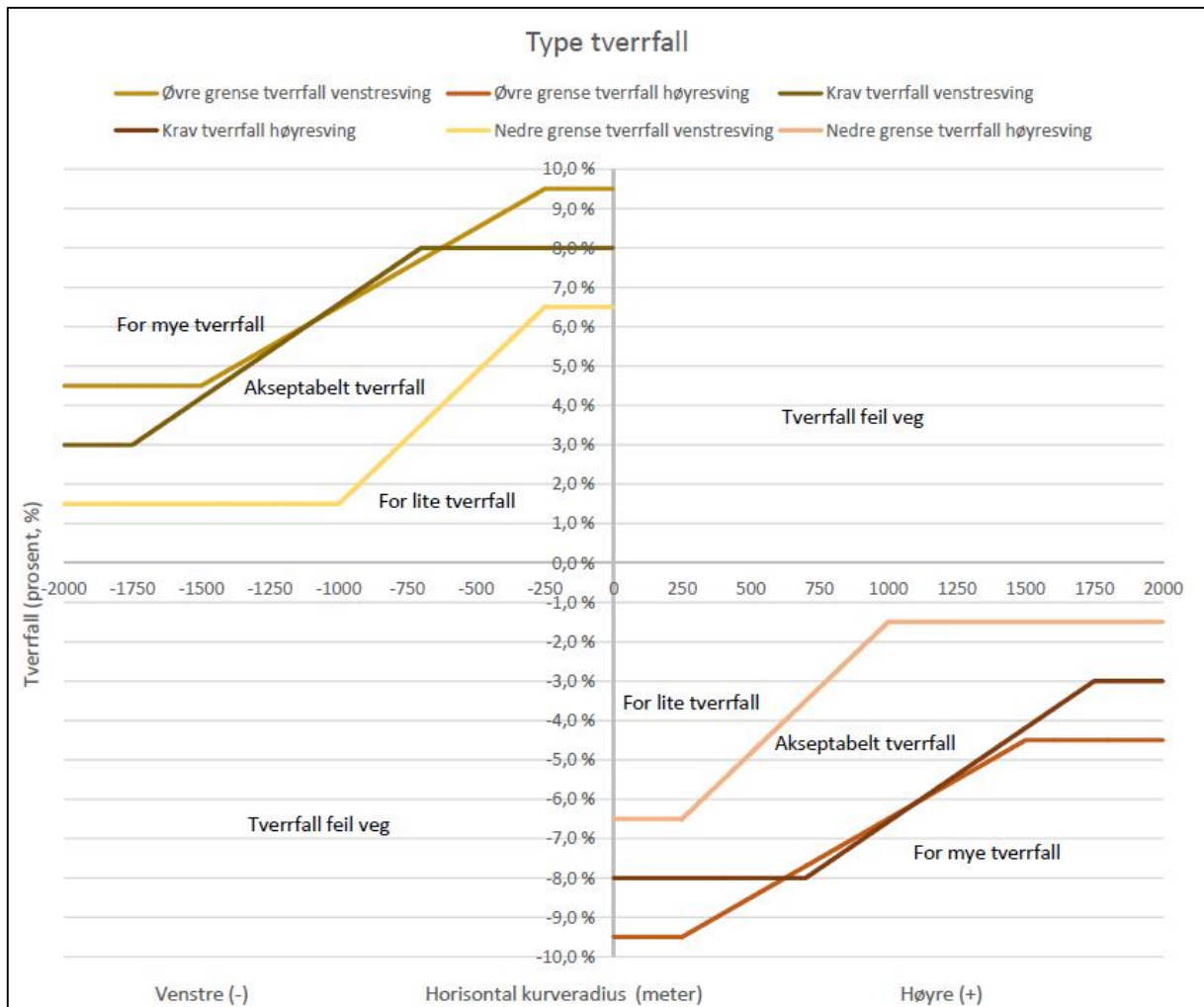
Ettersom rettlinjer er definert med radius 2000 i de spormålte verdiene fra NVDB, benyttes samme krav til øvre og nedre grense som for kurver over 1000 meter i Tabell 4-10. Verdiene er gitt i absolutte tall. Rettlinjer vil alltid ha negativt tverrfall, ettersom rettlinjet veg utformes med tosidig fall (takfall).

Et akseptabelt tverrfall vil ligge mellom disse grenseverdiene, for mye tverrfall vil ha tverrfallsverdier som ligger over den øvre grensen og for lite tverrfall vil ligge under den nedre grensen. Akseptabelt tverrfall er et tverrfall som ikke nødvendigvis oppfyller designkravet fra håndbok N100, men som oppfyller et akseptabelt tverrfall (ikke for mye og ikke for lite tverrfall) dersom andre parametere utløser vedlikeholdstiltak på veggen (Statens vegvesen 2012).

Områdene for de ulike typene tverrfall defineres i analysen ved hjelp av grenselinjer og et koordinatsystem. Grenselinjene (Krav tverrfall, øvre og nedre grense) reflekterer de fastsatte



tverrfallskravene fra håndbok N100 og vedlikeholdshåndbok R610. Koordinatsystemet er tverrsnittet av vegen der y-aksen tilsvarer senterlinjen til vegen, og x-aksen illustrere vegoverflaten uten noen helning. Positive y-verdier tilsvarer høyresving, hvor det kreves negative x-verdier som tilsvarer vegens tverrfall. Negative y-verdier tilsvarer venstresving, hvor det kreves positive x-verdier. Dersom vegen er rett, dvs.  $y=2000$ , skal x-verdien alltid være negativ. I Figur 4-3 illustreres de ulike typene tverrfall.



Figur 4-3 Inndeling av type tverrfall etter krav fra håndbøkene.

I den grafiske fremstillingen ovenfor er:

- **Krav tverrfall** tverrfallskravet fra dimensjoneringstabellene i håndbok N100.
- **Akseptabelt tverrfall** vedlikeholdskravet for tverrfall.
- **For lite tverrfall** et tverrfall som er mindre enn nedre grense for akseptabelt tverrfall iht. vedlikeholdskrav i håndbok R610

- **For mye tverrfall** et tverrfall som er større enn øvre grense for akseptabelt tverrfall iht. vedlikeholdkrav i håndbok R610
- **Tverrfall feil veg** et tverrfall som går i motsatt retning (positiv eller negativ) i forhold til påkrevd tverrfall fra dimensjoneringstabellene i håndbok N100. På rettstrekning skal tverrfall være tosidig og tverrfall negativt i begge kjørefelt. Høyre kjørefelt skal ha negativt tverrfall i høyresving og positivt tverrfall i venstresving. Venstre kjørefelt skal ha positivt tverrfall i høyresving og negativt tverrfall i venstresving.

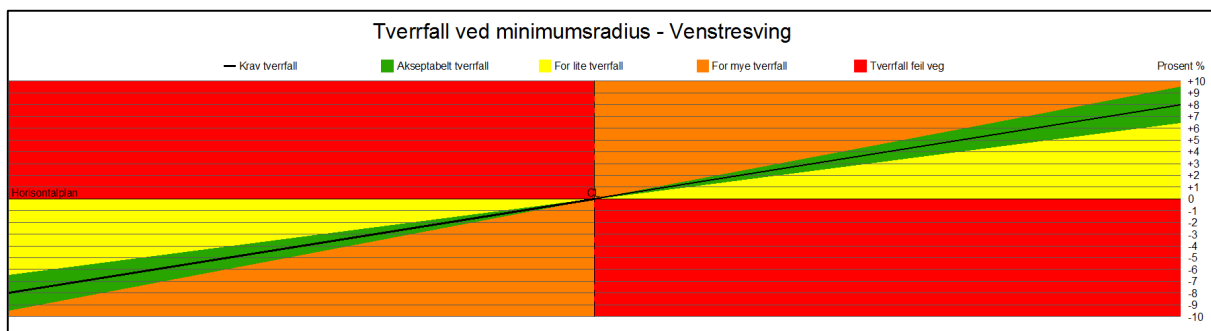
For å skille mellom høyre og venstresving, er høyre kurveradius gitt med positivt fortegn og venstre kurveradius gitt med negativt fortegn. Det er viktig å skille mellom disse to når spormålingsdata av radius sjekkes opp mot spormålingsdata av tverrfall. Bruker man absolutte verdier av kurveradius vil man ikke kunne fange opp om noen av tverrfallene går i feil retning.

	Positivt tverrfall (+)	Negativt tverrfall (-)
Høyrekurve (+)	Tverrfall feil retning	Tverrfall rett retning
Venstrekurve (-)	Tverrfall rett retning	Tverrfall feil retning
Rettlinje (radius 2000)	Tverrfall feil retning	Tverrfall rett retning

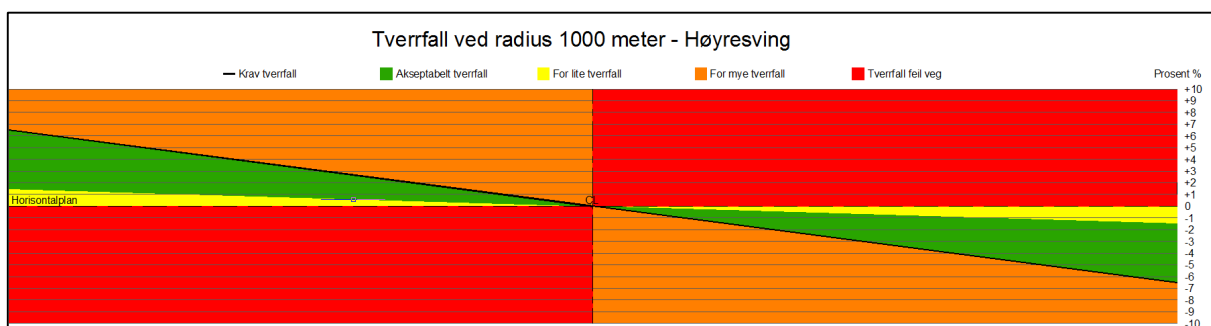
**Tabell 4-11 Eksempel på kombinasjon av horisontalradius og tverrfall som gir riktig og feil retning på tverrfall.**

Man ser av tabellen at like fortegn på radius og tverrfall i en kurve gir tverrfall i feil retning. Unntaket er rettlinjer som skal utformes med takfall. Her skal tverrfallet alltid være negativt uansett fortegn på kurveradius.

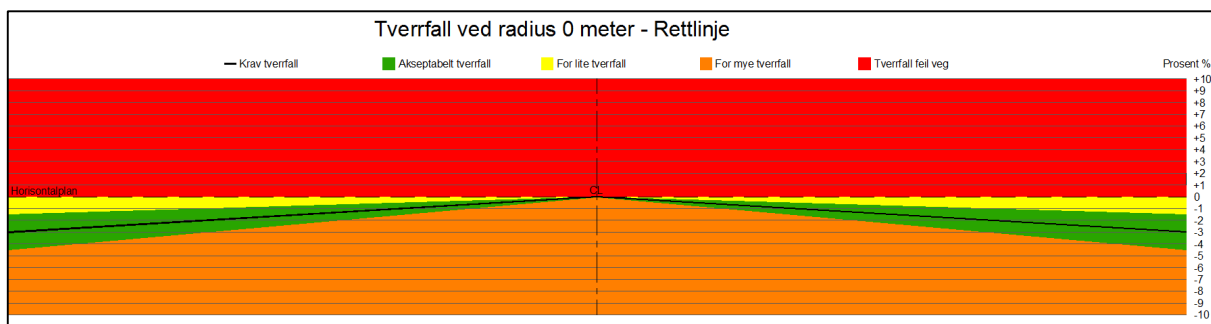
I Figur 4-4 til Figur 4-6 illustreres tverrfall i en venstresving med maksimalt tverrfall, i en høyresving med stor kurveradius og mindre tverrfall og på en rettstrekning hvor man har takfall. Områdene for de ulike typer tverrfall illustreres med fargekoder etter alvorlighetsgrad på avvik. Tverrfall feil veg har rød farge og er forventet mest alvorlig i forhold til ulykker, mens akseptabelt tverrfall har grønn farge fordi det er forventet færre ulykker her. For mye tverrfall er gitt i oransje, mens for lite tverrfall er gitt i gul farge. Man ser at man har større aksept for avvik i tverrfall ved store kurver enn ved minimumsradius og på rettstrekninger hvor behovet for sidefriksjon er mindre.



**Figur 4-4 Tverrfall ved minimumsradius - Venstresving**



**Figur 4-5 Tverrfall ved kurveradius 1000 meter - Høyresving.**



**Figur 4-6 Tverrfall på rettstrekning.**

Spormålt horisontalkurveradius ble brukt som utgangspunkt for å finne tilhørende krav til tverrfall fra håndbok N100. Hvor langt det spormålte tverrfallet per målestrekning (normalt 20.meter) ligger fra tverrfallskravet (tverrfallsavvik) ble funnet ved hjelp av denne formelen:

$$\text{Tverrfallsavvik} = |\text{Spormålt tverrfall} - \text{tverrfallskrav}| \text{ (\%)}$$

Ettersom noen av tverrfallsverdiene har negativt fortegn, benyttes absoluttverdi i formelen. Avvikene deles opp i forskjellige intervaller etter hvor langt fra tverrfallskravet de ligger:

- 0-1 % avvik
- 1-3 % avvik
- 3-5 % avvik
- 5-7 % avvik
- 7-9 % avvik
- > 9 % avvik

Et avvik på 0 % vil si korrekt tverrfall iht. tverrfallskrav i håndbok N100. Det er lagt inn en buffer på  $\pm 1$  % ettersom spormålinger kan være unøyaktige og inneholde mellomverdier. Maks tverrfall i kurver er 8 %. Det er ikke forventet at tverrfallet har så mye større helning enn dette og tverrfallsavviket  $>9\%$  ble derfor satt som øvre grense.

#### 4.2.7 Bearbeiding av fartsdata

I oppgaven ble registrert fartsgrense hvor det hadde skjedd en ulykke undersøkt i forhold til beregnet fartsnivå på stedet. Det beregnede fartsnivået ble funnet ved hjelp av Sakshaug og Hjelkreams formel for målt gjennomsnittsfart og V85-fart:

$$V = 100,4 - 324,4 * R^{-0,465}$$

$$V85 = 107,0 - 393,6 * R^{-0,512}$$

Ettersom beregnet fart tar utgangspunkt i målinger foretatt i 80-sone, ble kun ulykker registrert med fartsgrense 80 km/t analysert. Dette representerer ca. halvparten av analysegrunnlaget. Selv om det i rapporten ble funnet at fartsnivået var tilnærmet likt mellom rettlinjer og kurveradiuser over 400 meter, er det ikke helt likt dersom man benytter formelen ovenfor. En horisontal kurveradius på 2000 meter, som er definert som rettlinje i denne oppgaven, har for eksempel beregnet gjennomsnittlig fartsnivå  $100,4 - 324,4 * 2000^{-0,465} = 90,9$  km/t. Dersom man antok at alle kurver med radius over 400 meter hadde samme fartsnivå som rettstrekninger, ville man ved rettlinjet veg hatt et fartsnivå på 79,5 km/t. I denne oppgaven benyttes formel Sakshaug og Hjelkreams formel ovenfor som utgangspunkt for beregnet fartsnivå på ulykkesstrekningene,

uansett kurveradius. Når beregnet fartsnivå ble funnet ble det satt inn i formel tilsvarende formel for minste horisontalkurveradius:

$$R_{h,\min,V} = \frac{(V_{\text{beregnet}})^2}{127 \cdot (e + f_{k,80})} \text{ m}$$

$$R_{h,\min;V85} = \frac{(V85_{\text{beregnet}})^2}{127 \cdot (e + f_{k,80})} \text{ m}$$

V=beregnet gjennomsnittlig fartsnivå

V85=beregnet 85%-fraktil fartsnivå

$f_{k,80}$ =dimensjonerende sidefriksjonsfaktor ved fartsgrense 80 km/t

e=spormålt overhøyde (m/m)

I formelen er det ment at beregnet fartsnivået skal tilsvare fartsgrensen inkludert eventuelle fartstillegg og fartsprofiltillegg. Sikkerhetsfaktor for friksjon ( $f_k$ ) er 1,10 ved ÅDT<4000 eller 1,50 ved ÅDT>4000, se Tabell 3-5. For å finne dimensjonerende sidefriksjonsfaktor, benyttes Tabell 3-6 i teoridelen. Sikkerhetsfaktor 1,10 gir sidefriksjonsfaktor 0,17 og sikkerhetsfaktor 1,50 gir sidefriksjonsfaktor 0,12 ved fartsgrense 80 km/t. Overhøyden (e) er spormålt tverrfall på ulykkesstedet. Dersom det skal være likevekt mellom kreftene som virker inn på kjøretøyet må spormålt horisontalkurveradius på ulykkesstedet være større eller lik beregnet minste horisontalkurveradius ( $R_{h,\min}$ ) i formelen ovenfor. Der spormålt horisontalkurveradius var for liten, er fartsnivået på ulykkesstedet for høyt i forhold til utformingen på vegen. Kurveradius og/eller overhøyde bør økes, eller fartsgrense settes ned.

Ved bruk av formel så man at fartsnivået ble for lavt og i noen tilfeller negativt ved små kurveradius under 25 meter. For å minske usikkerhet i fartsberegningene, ble disse små kurveradiusene fjernet, slik at fartsnivå ble beregnet fra horisont kurveradius 25 og oppover.

#### 4.2.8 Bearbeiding av ÅDT

I datasettet med ÅDT viste det seg at noen av strekninger var registret med overlappende ÅDT, delvis eller på hele strekningslengder. Den høyeste ÅDT-verdien ble da valgt. På strekninger som hadde kun delvis overlappet ÅDT, ble den høyeste ÅDT-verdien benyttet så langt strekningen ble overlappet, slik at den opprinnelige strekningen ble delt inn i flere strekningslengder med ulik ÅDT. På denne måten ble det sikret strekninger med konstant ÅDT, for videre arbeid og utregning av ulykkesfrekvens. I Tabell 4-12 vises fremgangsmetoden.

NVDB ID	Fylke	Veg	FHp	FMeter	THp	TMeter	Lengde	Avdeling	Kommune	ÅDT, total
90354969	5	E136	1	0	1	2629	2629	Oppland	511	2772
90354968	5	E136	1	2629	1	10135	7506	Oppland	512	2332
484708826	5	E136	1	2629	1	11324	8695	Oppland	512	2332
90354967	5	E136	1	7900	1	10135	2235	Oppland	512	2397
90354968	5	E136	1	10437	1	11324	887	Oppland	512	2332
90354967	5	E136	1	10437	1	11324	887	Oppland	512	2397
90354966	5	E136	1	11324	1	15624	4300	Oppland	512	2351
90354965	5	E136	1	15624	1	15798	174	Oppland	512	2542

NVDB ID	Fylke	Veg	FHp	FMeter	THp	TMeter	Lengde	Avdeling	Kommune	ÅDT, total
90354969	5	E136	1	0	1	2629	2629	Oppland	511	2772
484708826	5	E136	1	2629	1	7900	5271	Oppland	512	2332
90354967	5	E136	1	7900	1	10135	2235	Oppland	512	2397
484708826	5	E136	1	10135	1	10437	302	Oppland	512	2332
90354967	5	E136	1	10437	1	11324	887	Oppland	512	2397
90354966	5	E136	1	11324	1	15624	4300	Oppland	512	2351
90354965	5	E136	1	15624	1	15798	174	Oppland	512	2542

**Tabell 4-12** Eksempel på bearbeiding av ÅDT fra Excel-fil eksportert fra NVDB.

Øverst vises de opprinnelige ÅDT registreringene på E136 parsell 5 i Oppland. Rød linje fjernes ettersom nesten hele strekningen har overlappende ÅDT. Oransje felt viser meterverdier på vegparsell som endres slik at høyeste totale ÅDT (2397) blir beholdt på hele strekningslengden (7900-10135 meter). De nye meterverdiene vises nederst hvor man finner de grønne feltene.

#### 4.2.9 Sammenkobling av spormålingsdata, fartsgrenser og ÅDT

For å kunne gjøre analyser innen ulykkesfrekvens og fartsberegninger på de spormålte strekningene, var det nødvendig å koble sammen datasett for fartsgrense og ÅDT med datasett for spormåling. Begge datasett inneholder stedlig informasjon ved hjelp av standard vegreferanse, som inneholder informasjon om fylkesnummer, vegnummer, parsellnummer, og fra/til meterverdi innen hovedparsellene. I utgangspunktet var sammenkoblingen tenkt ved hjelp av oppgitt FraMeter-verdi og TilMeter-verdi på samme vegparsell, men ettersom fartsgrense og ÅDT kan variere i løpet av en 20.meter lang spormåling, ble heller FraMeter-verdi benyttet som søkekriteria for sammenkobling.

#### 4.2.10 Bearbeiding av spormålingsdata

I NVDB blir rettlinjer definert med radius=2000 i datasettet med spormålingsdata, samtidig som registrert kurveradius stopper ved horisontalradius maks. 2000 meter. Radiuser over 2000 meter blir i NVDB samlet i en felles kategori med kurveradius 2000 m. Radius mindre enn 2000 m. ble derfor satt som kurver, mens radius lik 2000 meter ble satt som rettlinjer i analysen.

Selv om det ble benyttet datasett med spormålingsdata per 20.meter hadde noen spormålingsdata målelengde ned til 1 meter og opp til 27 meter. Geometridata som spormålt tverrfall og horisontalradius blir mer nøyaktig til mindre lengder man har foretatt måling på. Når målelengden øker vil usikkerhet i spormålingen også øke, ettersom tverrfall og horisontalradius kan variere over lengre strekninger. Målinger over 27 meter ligger ikke så langt ifra spormålinger per 20.meter som gir god nøyaktighet, det blir derfor valgt å også inkludere målestrekningene på 27 meter i analysegrunnlaget.

Det viste seg at mange av data var registrert med radius =0. Disse ble fjernet ettersom det var gamle feilmålinger som ikke inneholdt data på horisontalradius og tverrfall.

<i>Parsellnummere</i>	<i>Beskrivelse</i>
001-049	Hovedparseller
050-069	Armer
070-199	Ramper
400-599	Rundkjøringer
600-699	Skjøteparseller

**Tabell 4-13 Nummerering av parseller (Statens vegvesen 2010).**

Ifølge håndbok V830 "Nasjonalt vegreferansesystem" nummereres hovedparseller med verdier mellom 001-049. Det viste seg at eksporten fra NVDB inkluderte tilhørende armer og ramper med høyere nummerering som vist i Tabell 4-13. Disse ble fjernet fra analysegrunnlaget.

### **4.3 Vurdering av feilkilder i analysen**

Underrapportering av ulykker ble nevnt i litteraturen, og kan også i denne oppgaven utgjøre en usikkerhet. Noen av ulykkene fra 2014 kan mangle ettersom oppgaven og analysen startet rett etter årsskiftet. Ettersom det er mange bidragsytere (politi, sykehus m.fl.) kan det noen ganger forekomme forsinkelser i et eller annet ledd. Det kan også være usikkert om absolutt alle ulykker er lagt inn i NVDB databasen. Det kan være forskjeller mellom rapportering fra sykehus og politi, og kvalitet på ulykkesrapport kan variere. Det ble oppdaget at noe av ulykkesinformasjonen tilgjengeliggjort i NVDB ikke var komplett fylt ut. Noen av ulykkene manglet for eksempel informasjon om kjøreretning. Det var foreløpig registrert 5967 trafikkulykker ved oppstart av analysearbeidet og innhenting av data i NVDB. I 2013, året før, ble det registrert 6106 ulykker i samme database. Ettersom antall dødsulykker hadde gått ned fra 2013 til 2014, antas en ulykkesreduksjon. Ulykkesdata for 2014 ble innhentet i februar 2015, tallene for 2014 ble derfor antatt å være tilnærmet komplett. I oppgaven hadde man i hovedsak lettere skader. Disse skadene er antatt å rapporteres kun i en av fire tilfeller. Dette kan gi feil

bilde på antall personskader, ettersom tre fjerdedeler av de lettere skadene kan mangle. Tiltak og innsats for bedre samarbeid mellom etatene (vegmyndighet, politi, sykehus, o.l.) ved rapportering av ulykker kunne vært fordelaktig.

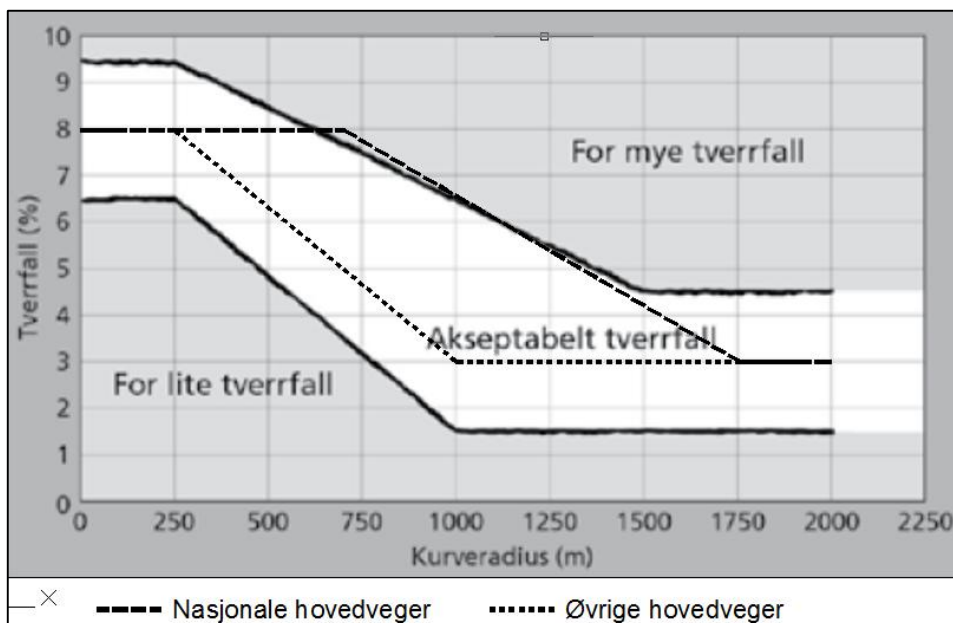
Dersom man sorterte skadegrad i ulykkene så man at mange ulykker var oppført med en eller flere "oppgitt antall skadde" uten at skadegrad var angitt. 474 personskader er ikke kategorisert i skadegrad, antall personskader kan dermed være mye større enn antatt. Dette er et tegn på ufullstendig rapportering av ulykker.

Møteulykkene og ulykker som ikke inneholder data om hvilket kjørefelt ulykken skjedde i, burde egentlig sjekke opp spormålingsdata for begge kjørefelt, ikke bare et. Men i denne oppgaven ble det gjort en forenkling der kun et av kjørefeltene ble sjekket opp. Men å sjekke opp begge kjørefelt kan også by på problemer. Man kan risikere at begge kjørefeltene har feil geometri, og antall strekninger med feil tverrfall kan dobles i forhold til virkeligheten. Man bør da være nøye på hvordan man definerer strekningene. Hele vegbanen, eller kun kjørefeltbredden.

I analysen forutsettes det at vegstrekningene som inngår i analysen er bygd etter gjeldene vegstandard i henhold til håndbok N100. Det er ikke sikkert alle veger er bygd etter de nye standardene, ettersom vegbygging tar tid og er avhengig av prioriteringer. I tillegg oppdateres standarder raskere enn selve vegbyggingen.

Dersom man setter sammen tverrfallskravet fra håndbok N100 med vedlikeholdskravet til tverrfall fra håndbok R610 ser man at tverrfallskravet til nasjonale hovedveger ikke alltid befinner seg under øvre grense for akseptabelt tverrfall. Ved kurveradius mellom ca. 650-1125 m ligger kravet til tverrfall for nasjonale hovedveger over grensen for maksimalt akseptabelt tverrfall ved vedlikehold.





Figur 4-7 Forskjellige krav og retningslinjer i ulike håndbøker. Egenprodusert figur.

Ettersom vedlikeholds kravet i R610 er det gjeldene kravet man bør rette seg etter, ble vedlikeholds kravet på tross av dette benyttet som grenser for aksept på tverrfall i analysen. Dette kan gi feilaktige resultater på de ulykker som ligger i dette området. Akseptabelt tverrfall kan av denne grunn i noen tilfeller bli vurdert som uakseptabelt tverrfall.

Unøyaktig eller feil måling av veg-geometri kan være en feilkilde. Man kan for eksempel få feil eller unøyaktige målinger om man kjører veldig ujevnt med målekjøretøyet eller at stor spordybde kan forstyrre innmåling av tverrfall på vegen, og gi større tverrfallsfeil enn faktisk tverrfall på stedet. Ettersom behovet for vegdata øker, er det trolig at NVDB har blitt forbedret de siste årene med flere og hyppigere registreringer med nyere og bedre utviklet måleutstyr. Resultatet blir flere jevnlig oppdateringer på vegnettet og mer nøyaktig data. Analyser vil da bli mer nøyaktige, slik at man lettere kan avsløre feil og mangler på vegnettet og foreslå mest passende tiltak.

Det er ikke lagt inn klotoider i NVDB. Spormålingene kan være i en klotoid, uten at dette er definert, som har andre krav enn sirkelbuen. Dette kan være en potensiell feilkilde.

Det ble observert at spormåling på horisontalradius kunne inneholde små radiuser helt ned til 1 meter. Linjeføring på veg har ikke så små radiuser ved sirkelkurver, og dette kan være feilmålinger eller andre feilkilder. Spormåling lik 1 kunne for eksempel vært radius 1000 ved en kommafeil. Disse spormålingene burde i utgangspunktet vært fjernet. Ettersom omfanget var lite og man ikke hadde ulykker før kurveradius på ca. 35 meter, ble de likevel inkludert i beregning av ulykkesfrekvens. Usikkerhet i resultatene ved små kurveradiuser kommenteres.

Dersom utvalgte ulykkesdata ble sortert kun på møte- og utforkjøringsulykker som oppgis å ha skjedd på rett vegstrekning, ble det oppdaget at spormålt horisontalradius kunne være under 1000 meter. Kurver under 1000 meter anses vanligvis som kurver og ikke rettstrekninger. Det er derfor grunn til å tro at ulykkeskjøretøyet er funnet et sted på strekningen, mens årsaken til ulykken kan ha funnet sted på en nabostrekning. Dette har ikke blitt tatt hensyn til i oppgaven, men kan være en mulig feilkilde.

Det er altså mulig at årsaken til ulykken skjer i en viss avstand før rapportert ulykkessted på strekningen. Denne avstanden øker med fartsnivået kjøretøyet hadde under den farlige hendelsen, og avstanden kan variere med ulykkestype. Bremselengde kan ikke alltid benyttes, ettersom ulykker sjelden omhandler normale bremsesituasjoner hvor man klarer å stanse før et hinder. Det kan dermed være vanskelig å fastslå eksakt plassering av punkt på vegen hvor ulykken ble utløst. I denne oppgaven skulle det undersøkes om feil veg-geometri kan ha medvirket til ulykken. Man burde derfor ikke bare undersøke ulykkespunktet, men også vegstrekningen før dette punktet. Hvor lang strekning før ulykkespunktet som skal undersøkes kan diskuteres. Bogdashova undersøkte ulykkesfrekvens opp mot tverrfallsfeil på 20 meterstrekningen før 20. metersstrekningen ulykken hadde blitt registrert på, men fant en mindre sammenheng der enn på ulykkestrekningen. Dette kan skyldes at det er mindre ulykkesfrekvens eller ingen ulykkesfrekvens på strekningen før selve strekningen ulykken er stedfestes på. Ettersom det er usikkert hvor ulykken kan ha skjedd er det vanskelig å vite hvilken strekning man bør sjekke for feil i geometri. Ulykken kan ha blitt forårsaket flere hundre meter før, særlig når det gjelder utforkjøringsulykker. Møteulykkene burde derfor i utgangspunktet analyseres separat fra utforkjøringsulykkene, ettersom avstand til årsakspunkt kan variere etter ulykkestype. Det burde vært laget en avstandsmodell på dette, som blant annet skilte mellom ulike ulykkestyper og fartsnivå. På grunn av forklart problematikk ble ikke strekningslengder før selve ulykken undersøkt separat for tverrfallsfeil. Alle strekninger blir likevel undersøkt, uavhengig av avstand til ulykkespunkt.

Når man skulle koble data om ÅDT og fartsgrenser til spormålingsdata, ble en vegreferanse med fylkesnummer, vegnummer, parsellnummer, og FraMeter-verdi benyttet som søkekriteria. Det er ikke usannsynlig at fartsgrense og ÅDT kan variere i løpet av en spormåling på 20 meter. Det kan derfor knyttes en usikkerhet til hvilken verdi som blir koblet sammen med spormålingen. Den verdien av ÅDT og fartsgrense som ligger nærmest FraMeter-verdien i begge datasett vil bli valgt ut.

Ved spormålingsdata knyttet til ulykkesstrekning, ble nærmeste måledato til ulykkesdato benyttet. På spormålingsdata hvor det ikke har skjedd ulykker, blir nyeste måledato benyttet. Kvalitet på veg kan variere over tid og sted pga. ulike årsaker. Noen eksempler er slitasje, styrke på veg i forhold til trafikkbelastning, hvor ofte og i hvilken grad det gjennomføres vedlikehold på vegen, hjulspor, type asfalt, hvor ofte spormålinger foretas, o.l. Det kan med bakgrunn i dette være usikkerheter ved utvelgelse av året spormålingen er foretatt, særlig ved sammenligning av de strekningene det ikke har vært ulykker på, ettersom noen av målingene var gjennomført før aktuell ulykkesperiode i analysen.

I oppgaven kan det ha skjedd endringer på vegnettet som for eksempel vedlikehold, reasfaltering, endringer av geometri eller omlegging av veg, o.l. Dersom vegen er endret etter at ulykken har funnet sted, og kun nyere geometrimålinger ligger inne i NVDB, så vil dette gjøre det vanskelig å finne ut om det er en sammenheng mellom ulykken og den veg-geometrien som eksisterte da ulykken skjedde. Historiske data burde vært sjekket opp mot de eldste ulykkene på vegene, men ettersom vegstrekningene så ut til å stemme på utvalgskartet i NVDB, ble det antatt at endringer på veg ikke ville bidra til noen stor usikkerhet i analysen.

Noen av ulykkene knyttes mot spormålinger som ikke har skjedd til samme tid, noen opptil 9 års forskjell. De eldste spormålingene funnet i dette analysegrunnlaget er utført i 1998. Ettersom hoved-, samle- og adkomstveger normalt dimensjoneres for 20 års levetid (Statens vegvesen 2014), er det sannsynlig at vegene har blitt utsatt for slitasje når vegen har vært i funksjon i flere år. Resultatene tilknyttet de eldste ulykkene er derfor mer usikre enn de nyere ulykkene.

I slike typer oppgaver som dette bør det tas hensyn til at årsaken til en ulykke er sammensatt av mange faktorer. Forhold ved vegen og fart er kun to av flere mulige medvirkende faktorene som kan ha sammenheng med ulykkesfrekvens. Selv om man finner en sammenheng mellom veg-geometri, fart og ulykker, trenger ikke dette nødvendigvis være avgjørende for at ulykken skjer.

Det ble i teorien nevnt at sammenhenger mellom veg-geometri og ulykkesfrekvens kunne være vanskelig å analysere ettersom det kan være mange sammenhenger mellom de ulike veg-egenskapene. Mange sider av veg-egenskapene er utelukket i denne oppgaven, og kan gjøre det vanskeligere å se sammenhenger som kan være av sammensatt karakter. Til flere variabler som inkluderes, jo mer pålitelig blir resultatet. Men et sted må man sette begrensninger. Denne oppgaven gir kun et lite bidrag i en større sammenheng, som mye annen forskning og studier.

#### 4.4 Oppsummering

Alt datamateriale ble hentet fra APIet «NVDB 123» gjennom kontakt med Statens vegvesen. Nasjonal vegdatabank er en database for det norske vegnettet med tilhørende fagdata på alle kjørbare veger.

De tre Europavegene E39, E136 og E6 mellom Trondheim, Dombås og Volda ble valgt ut til analysen for å sikre et tilstrekkelig datagrunnlag.

I NVDB ble det hentet ut data om ulykkene, skadegrad, stedsforhold, feltype, fartsgrense, ÅDT, spormålt horisontalradius og tverrfall med tilhørende vegreferanse og metadata på betraktete strekninger.

Unøyaktig data ble fjernet fra analysegrunnlaget for å redusere feilkilder. Ettersom tverrfall kan variere mellom kjørebaneer, analyseres kun tofelts veg. Kjøretøytype blir ikke tatt hensyn til. Det ble funnet 661 møte - og utforkjøringsulykker mellom 2005-2014 på kjørestrekningene, men etter generell avgrensning stod man igjen med 420 ulykker, som utgjorde analysegrunnlaget.

Informasjon om kjøreretningen til ulykkesinvolvert kjøretøy måtte kobles til ulykkene manuelt og noen av ulykkene manglet informasjon om kjøreretning.

Ulykkesfrekvens ble undersøkt for horisontalradius, type tverrfall, tverrfallsavvik, for liten eller tilstrekkelig kurveradius ved beregnet fartsnivå og avvik i horisontalradius ved bruk av formel for beregning av ulykkesfrekvens fra vedleggsdel i håndbok 115. Ved beregning av relativ ulykkesfrekvens ble ulykkesfrekvens for ulike kurveradius intervall relatert til en referanseverdi; ulykkesfrekvensen til slake kurver >1000 m.

Det var vanskelig å koble spormålingsdata til ulykkesdata, ettersom spormåling relaterte seg til strekninger og ulykkesdata til punkt. Datasettene ble koblet sammen ved hjelp av databehandlingsverktøy FME.

Spormålt horisontalradius ble undersøkt i forhold til tverrfallskravet fra håndbok N100. Tilhørende Spormålt tverrfall ble deretter sjekket opp mot dette kravet, samt vedlikeholds kravene fra håndbok R610 som definerte øvre og nedre akseptgrense på tverrfall. Dersom tverrfallet hadde motsatt helning enn tverrfallskravet fra N100, ble tverrfallet definert som «feil veg». I kurver skal horisontalradius og tverrfall ha motsatt fortegn ved riktig utforming. Rettlinjer skal utformes med takfall, og tverrfall skal alltid ha negativt fortegn uansett fortegn på horisontalradius.

Tverrfallsavvik er hvor langt det spormålte tverrfallet ligger fra tverrfallskravet og deles opp i intervaller etter størrelse på avvik.

Beregnet fartsnivå blir funnet ved hjelp av formler for målt gjennomsnittsfart og V85-fart i kurver med fartsgrense 80 km/t. Det beregnede fartsnivået settes deretter inn i formel for minste horisontalradius i en kurve, der spormålt tverrfall og sidefriksjonsfaktor også inngår som parametre. Dersom spormålt horisontalradius på målestrekning er mindre enn beregnet minimumsradius, har man for liten kurveradius i forhold til kravet.

I tillegg ble datasett med fartsgrenser og ÅDT koblet til alle spormålingsdata ved hjelp av felles vegreferanse der Fra-Meter-verdi i vegreferansen ble benyttet som søkekriteria.

Spormålt horisontalradius lik null, var gamle feilmålinger som måtte fjernes. Alle radiuser lik 2000 ble satt som rettlinjer.

Noen feilkilder som kan bidra til usikkerhet og påvirke analyseresultatene:

- Underrapportering og ufullstendige ulykkesrapporter
- Spormålingsverdier i møteulykker blir kun sjekket opp for et av kjørefeltene
- Eksisterende veger kan være bygd etter gammel vegstandard
- Unøyaktig eller feil spormåling av veg
- Vedlikeholds kravet til tverrfall er dårlig tilpasset de nye tverrfallskravene på nasjonale hovedveger
- Mangel på klotoider i NVDB
- Usannsynlig små kurveradiususer på spormålingsdata fra NVDB
- Årsaken til ulykken kan finne sted på en nabostrekning
- ÅDT og fartsgrense kan variere i løpet av en spormåling
- Dato på benyttet på spormålingen i analysen
- Endringer på vegnettet
- Ulykkene knyttes mot spormålinger som ikke har skjedd i samme år
- En ulykke kan ha årsak i flere medvirkende faktorer, ikke bare en
- Begrensning av oppgaven kan utelukke variabler som bidrar til ulykker

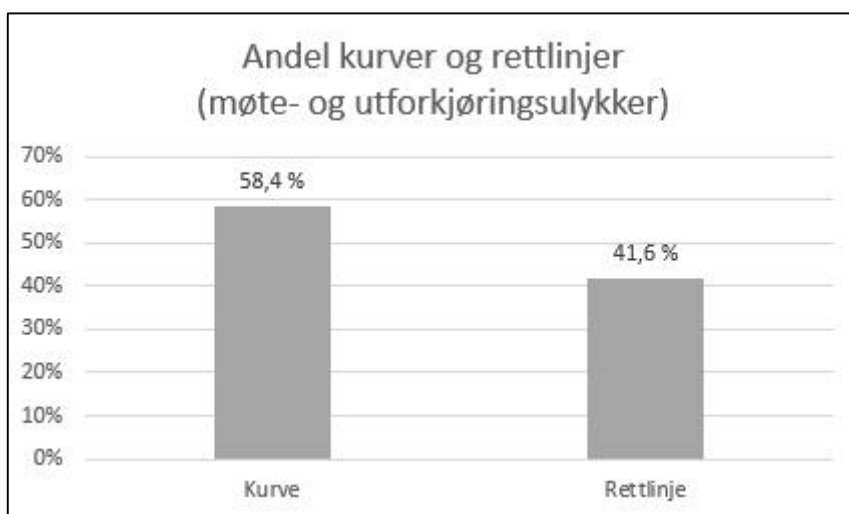


## 5 Resultater

I dette kapitlet presenteres alle funn og resultater i analysen. Kapitlet tar for seg ulike analyser innenfor veg-geometri og fart, der noe av fremgangsmetode er beskrevet i kapittel 4. Ulykkesfrekvens, andeler og fordeling etter radius på horisontalkurver presenteres grafisk. I tillegg undersøkes skadegrad innenfor de ulike analysene som er gjort. Resultatene baserer seg på relevant teori og litteratur, der balanseligning for minste horisontalkurveradius utgjør en sentral rolle for tema i oppgaven. Kurveradius oppgis i absolutte verdier, slik at både venstre og høyrekurver ses under ett.

### 5.1 Sammenheng mellom ulykkesfrekvens og horisontalkurveradius

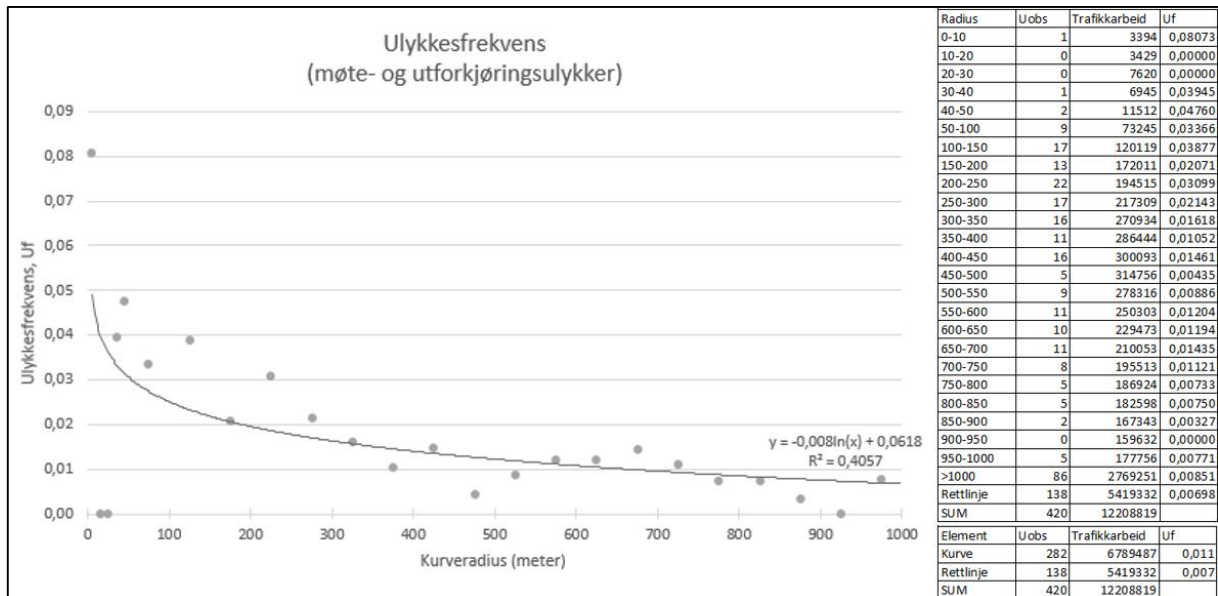
Ulykkesfrekvens i kurver og på rettstrekninger ble analysert for alle vegstrekningene ved hjelp av spormålt horisontalradius på utvalgt møte- og utforkjøringsulykker. Kurveradius under 50 meter ble oppdelt i 10 meters intervaller, mens kurveradius 50-1000 meter ble oppdelt i større 50 meters intervaller. Slake kurver (>1000 m) og rettlinjer ( $\geq 2000$  m) ble oppdelt i eget intervall. For hvert kurveintervall ble det beregnet en ulykkesfrekvens basert på antall observerte ulykker ved hjelp av generell formel for ulykkesfrekvens beskrevet i kapittel 4.



**Figur 5-1 Andel kurver og rettlinjer.**

Analysegrunnlaget består av 58 prosent kurver og 42 prosent rettlinjer. Ettersom ulykkesfrekvens har en tendens til å flate ut ved slake kurver, stopper den grafiske fremstillingen i Figur 5-2 på kurveradius 1000 meter, som kan regnes som overgangen fra

normale til slake kurver. Ulykkesfrekvens for alle kurveintervall, slake kurver over 1000 meter og rettlinjer vises i oversikt til høyre for graf.



**Figur 5-2 Ulykkesfrekvens i kurver og på rettlinjer, møte- og utforkjøringsulykker.**

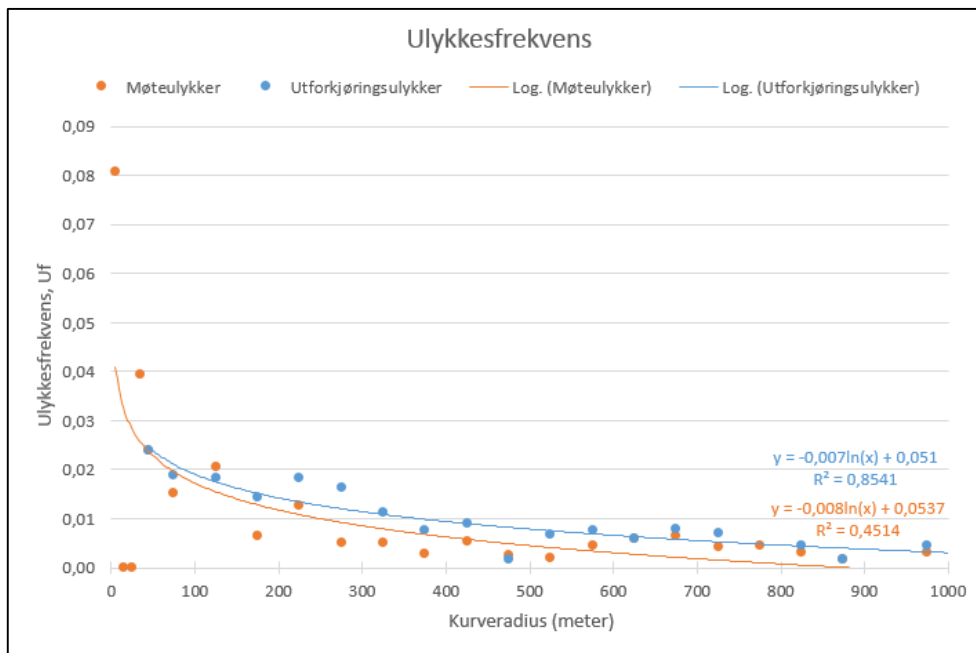
Resultatet viser at det har skjedd 138 ulykker på rettstrekninger og 282 ulykker i kurver. Ulykkesfrekvens er større i kurver enn på rettstrekninger, samtidig som rettlinjer har lavere ulykkesfrekvens enn slake kurver (>1000 m). Ulykkesfrekvens i de slake kurvene er noe høyere enn ulykkesfrekvens på forholdsvis normale kurver med radius 750-1000 m.

Ifølge de aktuelle vegklassene H1-H4 som ble omtalt i teorien, skal minste horisontalkurveradius være fra 125-450 meter, avhengig av hvilken ÅDT og fartsgrense man har. Resultatet viser at ulykkesfrekvens øker når kurveradius reduseres, særlig ved de minste kurveradiusene. Noen steder er kurveradius mindre enn dimensjoneringskravet.

Ved kurveradius 0-10 ble det observert 1 ulykker over en strekning på 574 meter. Dette er en relativt kort strekning med lite trafikkarbeid, derfor får vi veldig høy ulykkesfrekvens i dette kurveintervallet. Ved kurveradius 10-20 og 20-30 observeres ingen ulykker, derfor får vi to verdier på ulykkesfrekvens lik null ved de små kurveradiusene. Ved kurveradius 30-40 er det observert 1 ulykke, men i dette kurveintervallet har vi en større strekningslengde på 945 meter. Dette gjør at trafikkarbeidet blir større i dette kurveintervallet og ulykkesfrekvens blir ca. halvparten så stor som den høye ulykkesfrekvensen funnet i det første kurveintervallet. Det finnes enda et kurveintervall uten ulykkesfrekvens, kurveintervallet 900-950. Resten av kurveintervallene har ulykkesfrekvens.



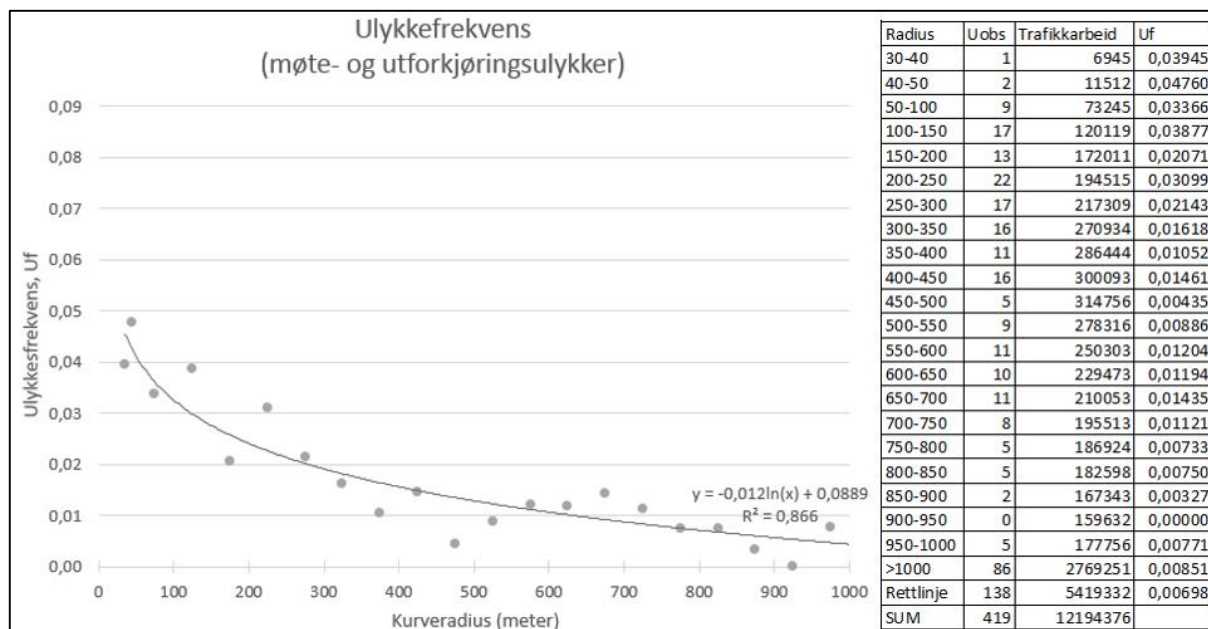
Analysegrunnlaget består av 140 møteulykker og 280 utforkjøringsulykker. I Figur 5-3 skilles det mellom møteulykker og utforkjøringsulykker, og vi ser at de 2 ulykkene som skjedde ved små kurveradius under 40 meter skyldes møteulykker. Det fantes ingen utforkjøringsulykker i kurver med radius lavere enn 40 meter, men fra radius 40-1000 meter har man flere ulykker med utforkjøring enn møting. For oversikt over observerte ulykker, trafikkarbeid, strekningslengder, andeler og beregning av ulykkesfrekvens for begge ulykkestypene, se vedlegg 5 og 6.



**Figur 5-3 Ulykkesfrekvens i kurver, møteulykker og utforkjøringsulykker.**

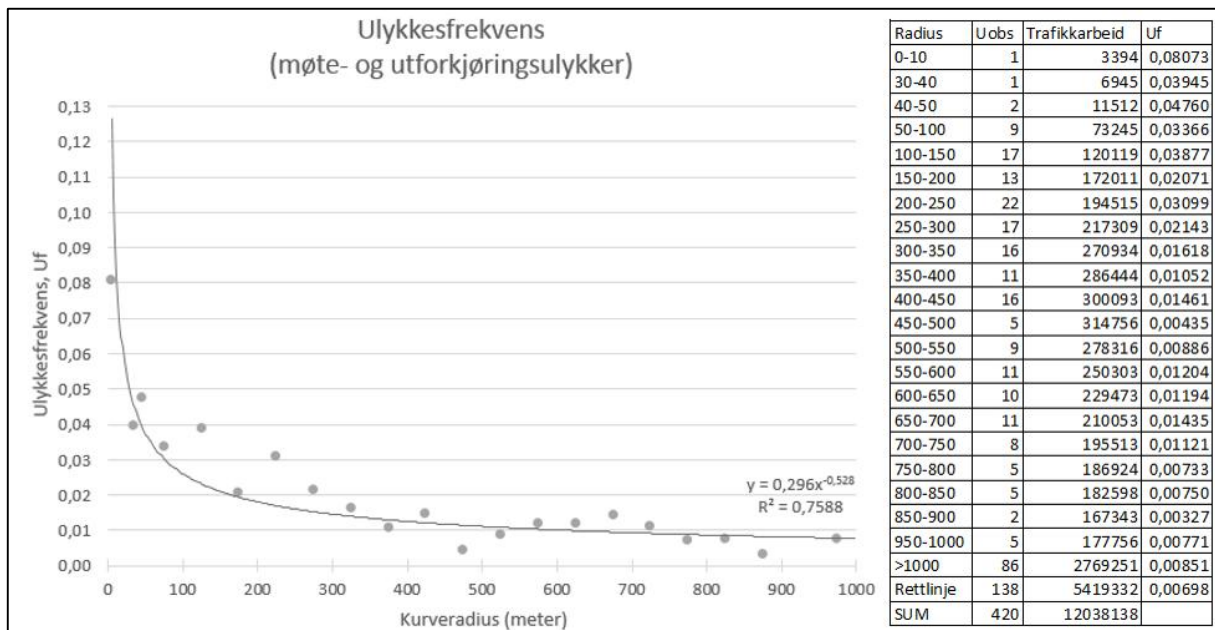
Ulykkesfrekvens ovenfor ble fremstilt ved hjelp av logaritmefunksjon, ettersom dette ga best tilnærming når man inkluderte alle radiusverdier. Ettersom det fantes et intervall med stor ulykkesfrekvens og to intervall uten ulykkesfrekvens ved kurveradius under 30 meter, hadde beregning på ulykkesfrekvens størst usikkerhet i området 0-30 meter. Det ble oppdaget at fremstilling av ulykkesfrekvens kunne variere etter hvilken type funksjon man benyttet og hvilke verdier som ble inkludert i utvalget. Dersom de minste kurveintervallene som inneholdt stor usikkerhet ikke ble inkludert, fikk man bedre korrelasjon mellom verdiene. Korrelasjon vil si styrken på den lineære avhengigheten mellom to variabler, der styrken av korrelasjonen angis ved korrelasjonskoeffisienter (R). Til nærmere verdien |1| korrelasjonskoeffisienten ligger, jo bedre sammenheng mellom verdiene. Hvor god sammenheng man har er oppgitt ved hjelp av determinasjonskoeffisient ( $R^2$ ) mellom 0-1 i den grafiske fremstillingen, der 1 gir best sammenheng.

I Figur 5-4 vises et eksempel hvor man benytter logaritmefunksjon til fremstilling av ulykkesfrekvens, men her er kurveradius under 30 meter utelatt. Man ser at grafen flater mer ut ved de små kurveradiusene under 150 meter, og treffer verdiene bedre. Dette bekreftes også av den høyere determinasjonskoeffisienten som ligger på 0,866 mot tidligere 0,4057 i Figur 5-2.



**Figur 5-4 Ulykkesfrekvens i kurver fremstilt med logaritmefunksjon – Radius  $\geq$  30 m.**

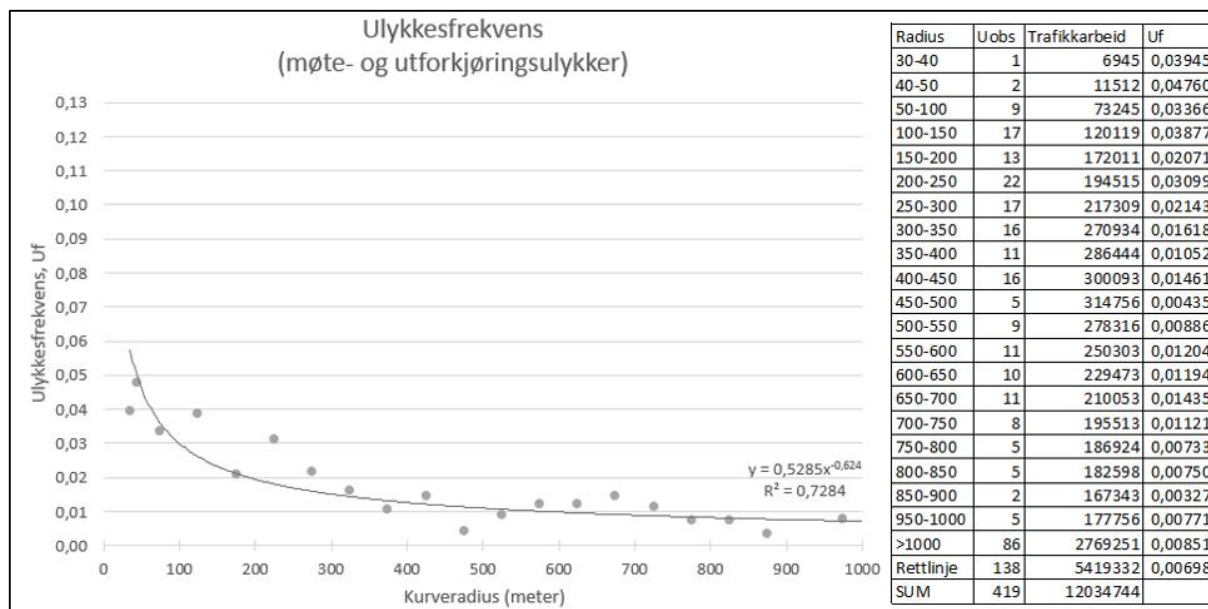
Problemet med å bruke en logaritmisk tilnærming på beregnet ulykkesfrekvens er at verdiene kan bli negative ettersom kurveradius øker. Ulykkesfrekvens er aldri negativ ettersom det alltid vil eksistere en fare for uønskede hendelser på vegen. Tilnærming med potensfunksjon synes å være bedre tilpasset denne problematikken ettersom verdiene aldri vil bli negative når radius går mot det uendelige. Å fremstille ulykkesfrekvens ved potensfunksjon kan midlertidig by på andre problemer, som gir bedre resultater i logaritmisk funksjon.



**Figur 5-5 Ulykkesfrekvens i kurver fremstilt med potensfunksjon – Radius > 0 m.**

Figur 5-5 viser fremstilling av ulykkesfrekvens i kurver ved bruk av potensfunksjon som inkluderer alle kurveradiuser, også de minste. Etersom potensfunksjon ikke vil fungere ved null-verdier, må alle kurveradiusintervall som ikke har ulykkesfrekvens fjernes fra utvalget i tabellen til høyre for graden. I figuren ser man at kurveintervall 10-20, 20-30 og 900-950 meter ikke inkluderes. Fremstillingen av ulykkesfrekvens i Figur 5-5 er den fremstillingen som ligner mest på Figur 3-6 i litteraturstudiet (Ulykkesfrekvens i kurver på riksveger i Norge). Ut fra funksjonsformel i Figur 3-6 ser man at potensfunksjon ble benyttet, men determinasjonskoeffisient er ikke oppgitt på grafen. Determinasjonskoeffisienten ( $R^2$ ) i grafen ovenfor er 0,7588, som er høyere enn i Figur 5-2 som også inkluderer alle kurveintervall.

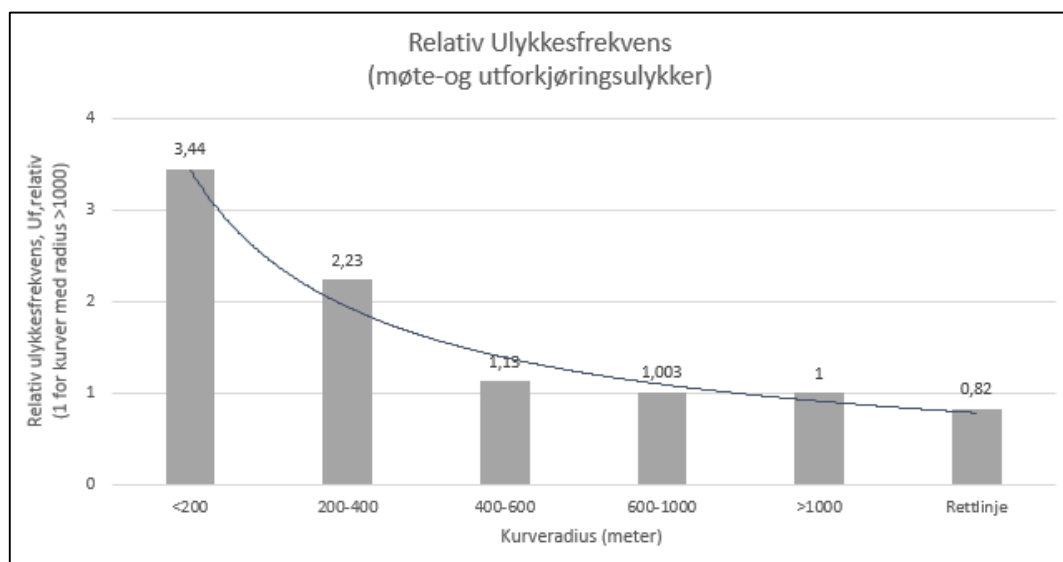
I Figur 5-6 er det også benyttet potensfunksjon, men her er små kurveradiuser under 30 meter utelatt fra utvalget. Det betyr at den ene ulykken ved kurveintervall 0-10 ikke inkluderes, slik at kurven ikke blir like bratt ved små kurveradiuser som i figuren ovenfor. Determinasjonskoeffisienten  $R^2$  er 0,7284, som er omtrent det samme som i potensfunksjon i Figur 5-5, men lavere enn i logaritmefunksjonen i Figur 5-4.



**Figur 5-6 Ulykkesfrekvens i kurver fremstilt med potensfunksjon – Radius  $\geq$  30 m.**

### 5.1.1 Relativ ulykkesfrekvens

Relativ ulykkesfrekvens i kurver er et forholdstall som angir hvor mye større sannsynlighet det er for ulykker i ett radiusintervall i forhold til et referanseintervall. I litteraturen ble kurver med kurveradius >2000 m. benyttet som referanseintervall. Ettersom det ikke fantes spormålt radius over 2000 meter i NVDB, ble radiusintervallet >1000 meter benyttet som referanseverdi 1.



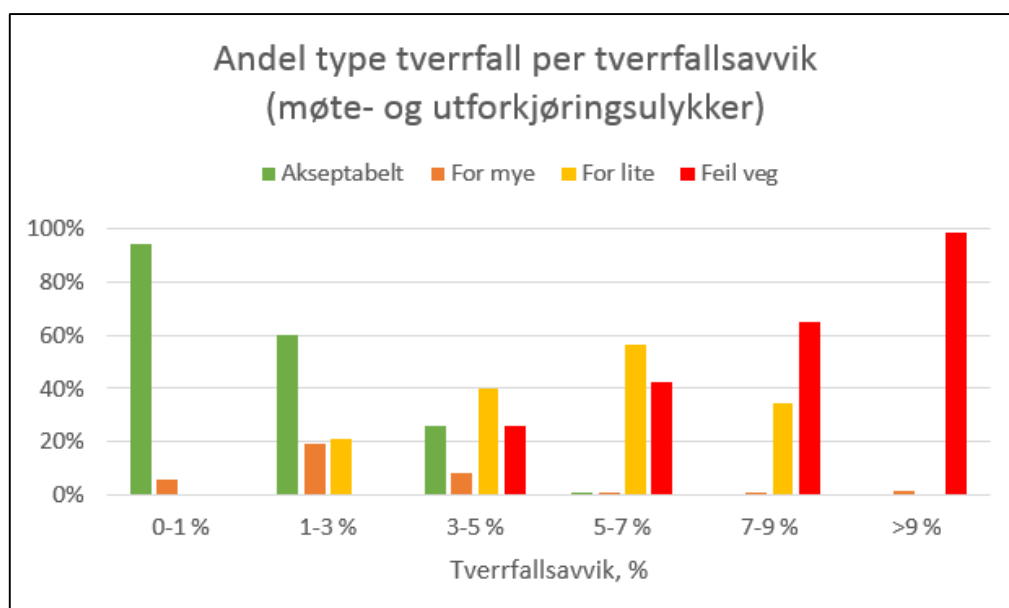
**Figur 5-7 Relativ ulykkesfrekvens i kurver og på rettlinjer.**

Resultat viser at rettlinjer har mindre relativ ulykkesfrekvens enn referanseintervall (>1000 m) Kurver med radius 600-1000 har omtrentlig samme ulykkesfrekvens, ettersom relativ ulykkesfrekvens er 1,003. Radius 400-600 har 1,13 ganger større risiko for ulykke. Radius 200-400, som inneholder mesteparten av minimumsradiusene, har 2,33 ganger større ulykkesfrekvens. De krappeste kurvene med radius under 200 m. har 3,44 ganger større sannsynlighet for en ulykke enn de slake kurvene med radius over 1000 meter. Tilhørende tabell med beregninger på ulykkesfrekvens og relativ ulykkesfrekvens finnes i vedlegg 7.

Relativ ulykkesfrekvens ble også undersøkt ved større kurveradius intervaller, hvor det ble delt opp i krappe (<400 m), normale (400-1000 m) og slake kurver (>1000 m). Resultatet viser en relativ ulykkesfrekvens som har mellomliggende verdier i forhold til figuren ovenfor, se grafisk fremstilling videre i vedlegg 7. Man vil få høyere relativ ulykkesfrekvens ved de minste kurveradiusene til flere kurveintervaller man deler opp i.

## 5.2 Sammenheng mellom ulykkesfrekvens og tverrfall

I analysen som omfatter tverrfall ble det skilt mellom type tverrfall og tverrfallsavvik. Type tverrfall beskriver om tverrfallet er akseptabelt, for mye, for lite eller ligger feil veg i forhold til kravet i håndbok R610 og N100. Akseptabelt tverrfall er alt tverrfall som ligger mellom øvre og nedre toleransegrense ved for lite tverrfall og for mye tverrfall. Uakseptabelt tverrfall er da en fellesbetegnelse på tverrfallstypene for lite tverrfall, for mye tverrfall og tverrfall feil veg, som beskriver tverrfallsfeil. Tverrfallsavvik vil si avvik i forhold til tverrfallskravet i håndbok N100, som er bestemt ut fra horisontalradius. Tverrfallsavvik oppgis i intervaller etter hvor mye tverrfallet avviker fra kravet. 0 % avvik vil si et tverrfall som oppfyller tverrfallskravet i håndbok N100. En toleranse på  $\pm 1$  prosent ble lagt til fordi spørsmålinger aldri vil være helt presise, slik at det første avviksintervallet blir 0-1 %. Man stanser oppdeling av ulike tverrfallsavvik ved avviksintervall  $>9$  %, ettersom maksimalt tverrfall i kurver er 8 prosent og andel som overstiger dette kravet ble antatt å være liten. I Figur 5-8 vises sammenhenger som ble funnet mellom type tverrfall og tverrfallsavvik.



Figur 5-8 Sammenhenger mellom type tverrfall og tverrfallsavvik.

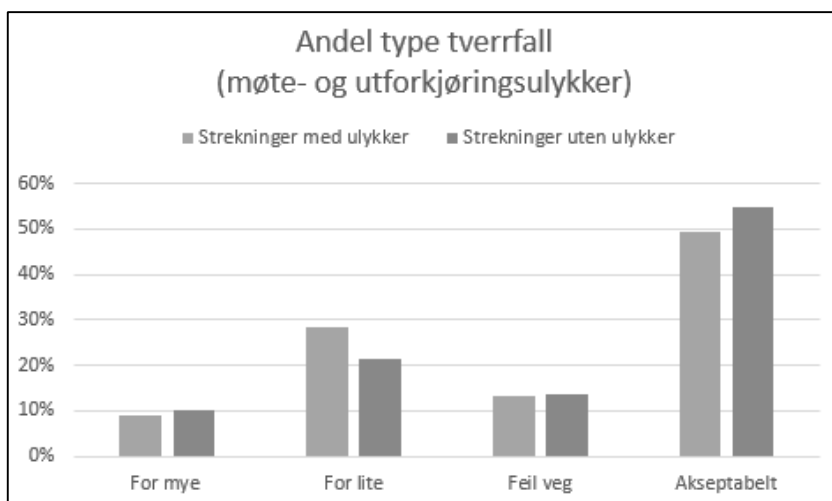
Disse sammenhengene ble funnet mellom type tverrfall og tverrfallsavvik:

- Akseptabelt tverrfall: Tverrfallsavviket varierer fra 0 % til 5,07 %
- For mye tverrfall: Tverrfallsavviket varierer fra 0 % til 26,15 %
- For lite tverrfall: Tverrfallsavviket varierer fra 1,5 til 8 %
- Feil veg tverrfall: Tverrfallsavviket varierer fra 3,03 % til 27,3 %

I tverrfallsavviket 0-1 % viste resultatet at 94 prosent var akseptabelt tverrfall, mens 6 prosent var for mye tverrfall. Et avvik på over 9 % skyldes i 99 prosent av tilfellene et tverrfallet som ligger feil veg. For eksakte tallverdier på dette, se vedlegg 5.

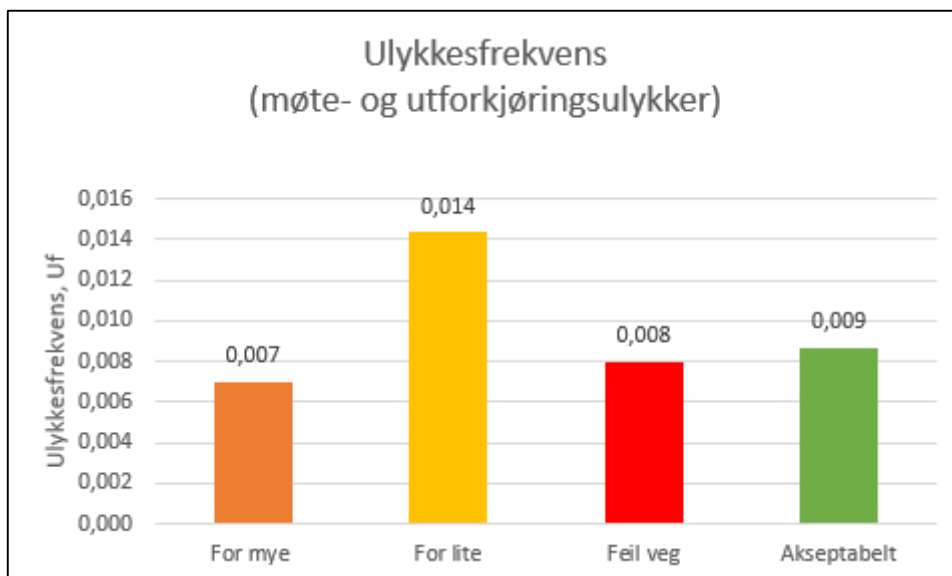
### 5.2.1 Type tverrfall

Spormålt tverrfall ble sjekket opp mot spormålt horisontalradius på alle strekninger for å se om tverrfall oppfyller vedlikeholds kravet i håndbok R610. Dersom spormålt tverrfallet var over øvre grense for maksimalt tverrfall, ble det definert som "for mye tverrfall". På samme måte ble tverrfall som var under nedre grense for minimalt tverrfall definert som "for lite tverrfall". Dersom spormålt tverrfall befant seg mellom øvre og nedre grense, var tverrfallet akseptabelt og har ingen behov for tiltak. I tillegg ble spormålt tverrfall som heller motsatt veg enn kravet, definert som "feil veg". Dette kan være at vegbanen i en ytterkurve er høyere ved midtlinje enn i ytterkant, som gjør at kjøretøyet får redusert sidefriksjon og kan bli tvunget utover i kurven. Tverrfallsfeilene for lite tverrfall, for mye tverrfall og tverrfall feil veg utgjør til sammen det uakseptable tverrfallet. I oppgaven blir uakseptabelt tverrfall sammenlignet med akseptabelt tverrfall. Det undersøkes til slutt hvordan de ulike typene tverrfall fordeler seg etter horisontal kurveradius. Radius oppgis i intervaller på 50 meter fra kurveradius 0-1000 meter. Radius >1000 meter er samlet i et intervall. Det er i tillegg satt av et intervall til rettlinjer.



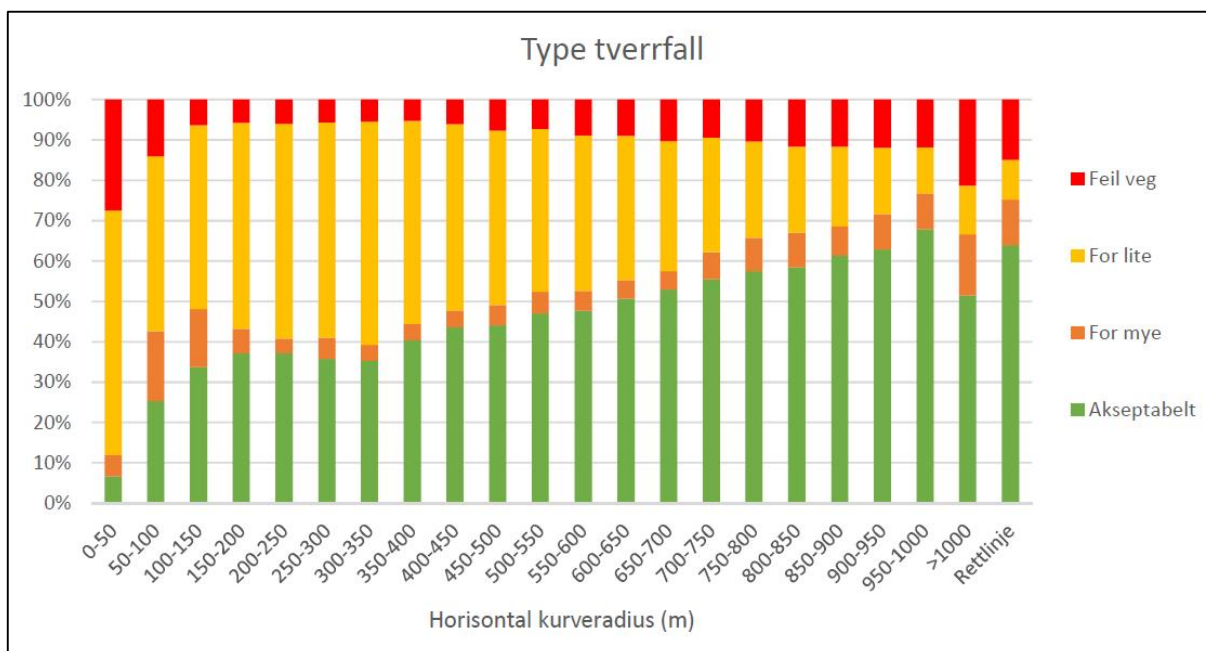
**Figur 5-9 Andel per type tverrfall.**

Dersom man undersøkte hvor store deler av strekningene som hadde forskjellig type tverrfall, viste resultatet at 55 % av alle strekningene i analysegrunnlaget var akseptabelt tverrfall, 21 % var for lite tverrfall, 14 % feil veg, og 10 % av tverrfallet hadde for mye tverrfall. Andel av "for lite tverrfall" var større på strekninger der det hadde skjedd ulykker enn på ulykkesfrie strekninger.



**Figur 5-10 Ulykkesfrekvens per type tverrfall.**

Tverrfallstypen "for lite tverrfall" er den tverrfallsfeilen som gir størst ulykkesfrekvens. Vegstrekninger med akseptabelt tverrfall, for mye tverrfall og tverrfall feil veg har omtrentlig samme ulykkesfrekvens.

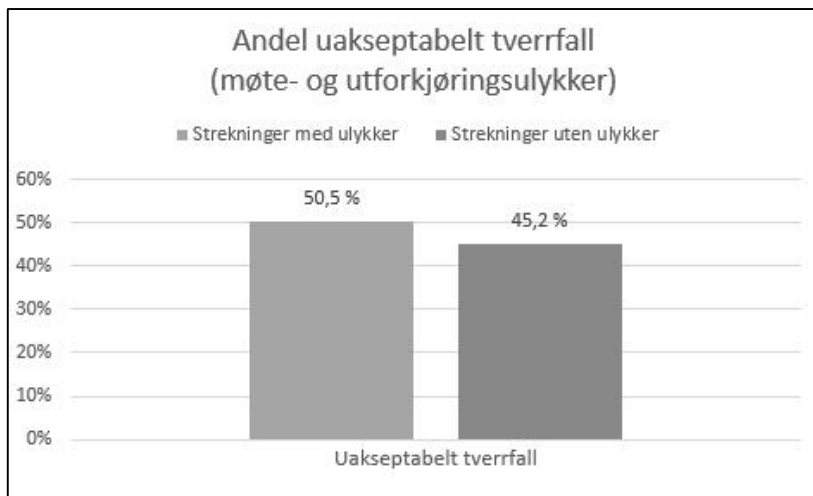


**Figur 5-11 Type tverrfall fordelt etter horisontal kurveradius.**

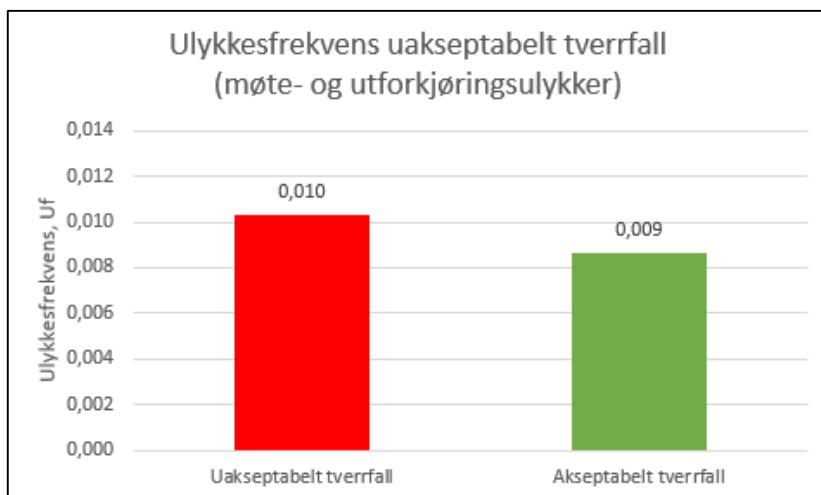
Dersom man ser på fordelingen av type tverrfall etter horisontal kurveradius, ser man at for lite tverrfall er tverrfallstypen som dominerer ved små kurveradius. Etter hvert som kurveradius øker aksepteres et mindre tverrfall, og "for lite tverrfall" avtar mens andel akseptabelt tverrfall øker. Tverrfall som ligger feil veg har størst andel ved radius 0-50 m. og >1000 m.



Det uakseptable tverrfallet består av for lite tverrfall, for mye tverrfall og tverrfall som ligger feil veg. I Figur 5-12 ser man at det er 10 % større forekomst uakseptabelt tverrfall på strekninger med ulykker enn de strekningen som det ikke har skjedd ulykker på.

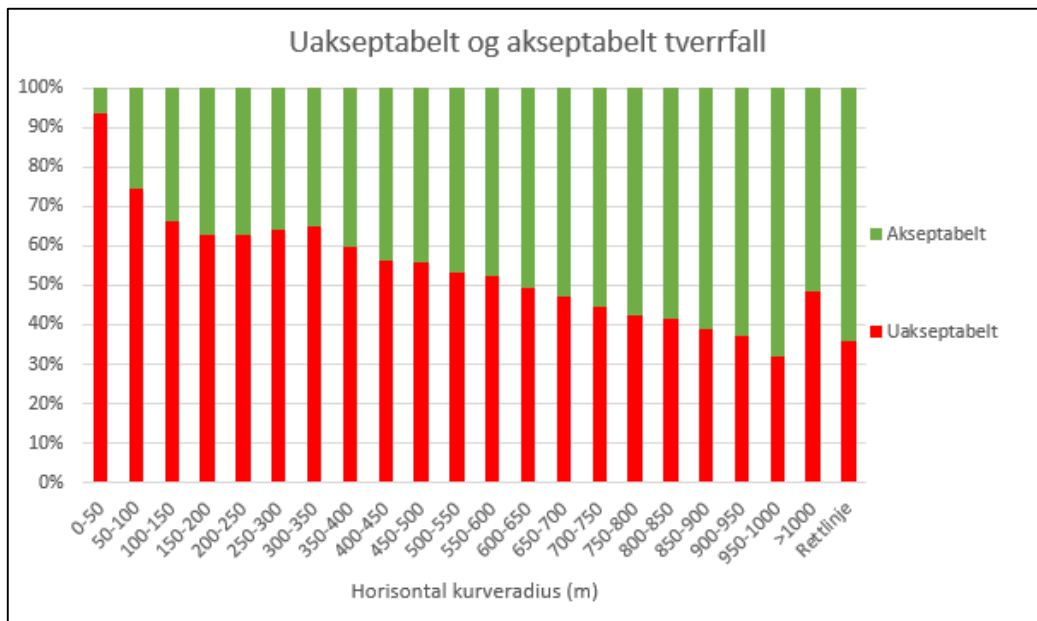


Figur 5-12 Andel uakseptabelt tverrfall.



Figur 5-13 Ulykkesfrekvens uakseptabelt og akseptabelt tverrfall.

Dersom man sammenligner ulykkesfrekvens på vegstrekninger med uakseptabelt tverrfall og vegstrekninger med et akseptabelt tverrfall, viser resultatene at det er større ulykkesfrekvens ved uakseptabelt tverrfall (for mye, for lite og tverrfall feil veg), men dette er ikke stor forskjell.

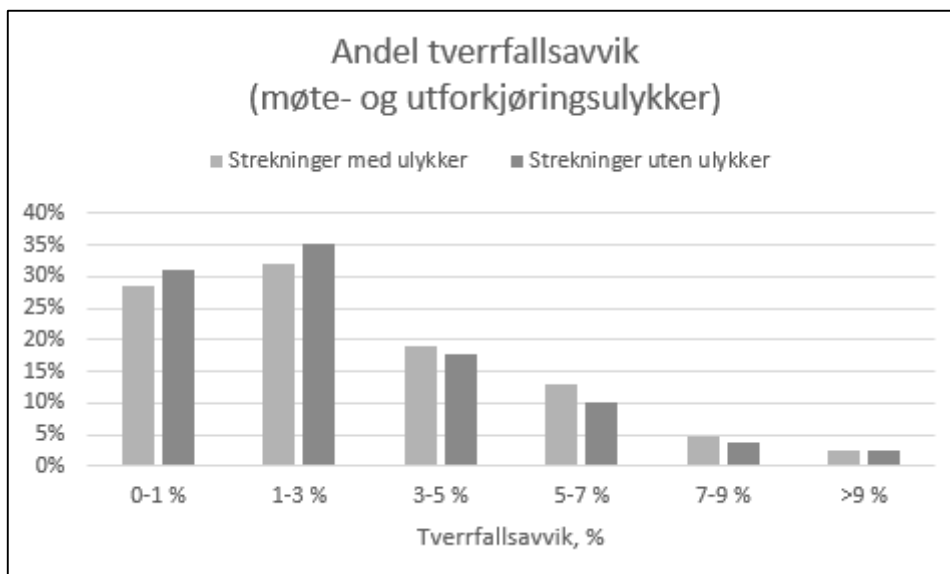


**Figur 5-14 Uakseptabelt og akseptabelt tverrfall fordelt etter horisontal kurveradius.**

Fordeling etter horisontal kurveradius viser at andel uakseptabelt tverrfall øker til mer kurveradius reduseres. Det finnes mer akseptabelt tverrfall ved større kurveradius. Det som merker seg ut er en brå økning av uakseptabelt tverrfall ved kurveradius over 1000 meter.

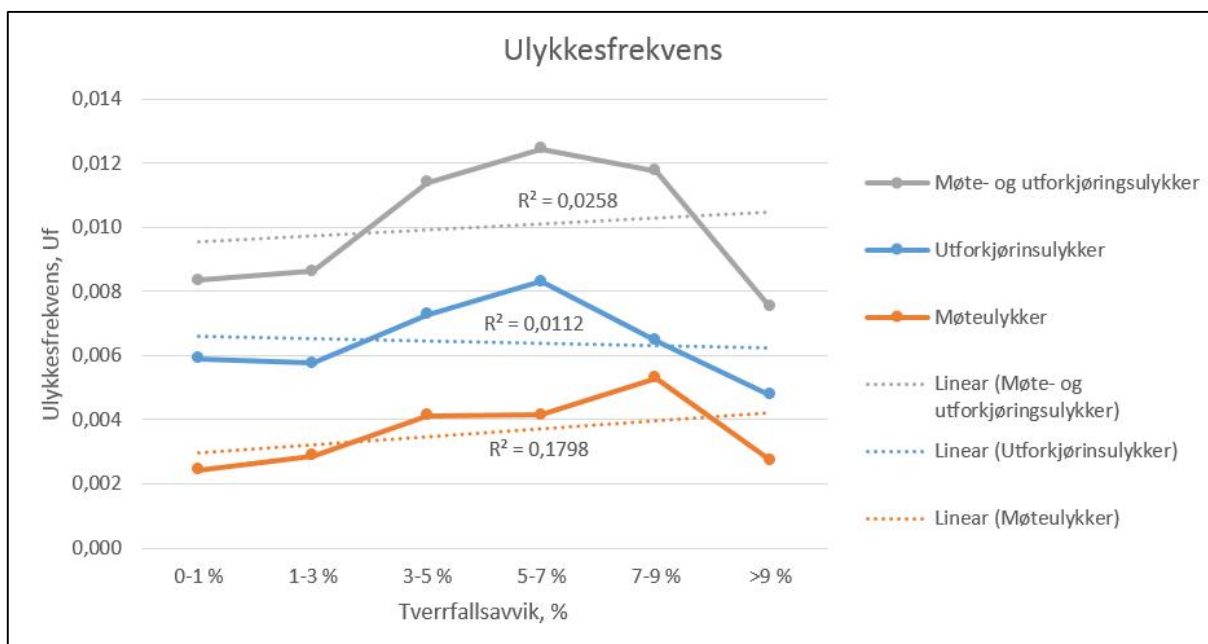
### 5.2.2 Tverrfallsavvik

Spormålt tverrfall ble sjekket opp mot spormålt horisontalradius på alle strekninger for å se hvor mye tverrfallet avviker fra kravet i håndbok N100. Forskjellen mellom de ble inndelt i intervaller etter størrelse på tverrfallsavvik. Størrelse på avvik avgjør ikke om tverrfallet burde vært rettet opp, ettersom vi så at de forskjellige typene tverrfall kan inneholde forskjellig størrelse på tverrfallsavvik. Akseptabelt tverrfall hadde for eksempel tverrfallsavvik som varierte fra 0 % til 5,07 %. Tverrfallsavviket gir heller en indikasjon på hvor mye tverrfallet skal rettes opp dersom det skal utføres tiltak på veien.



**Figur 5-15 Andel per tverrfallsavvik intervall.**

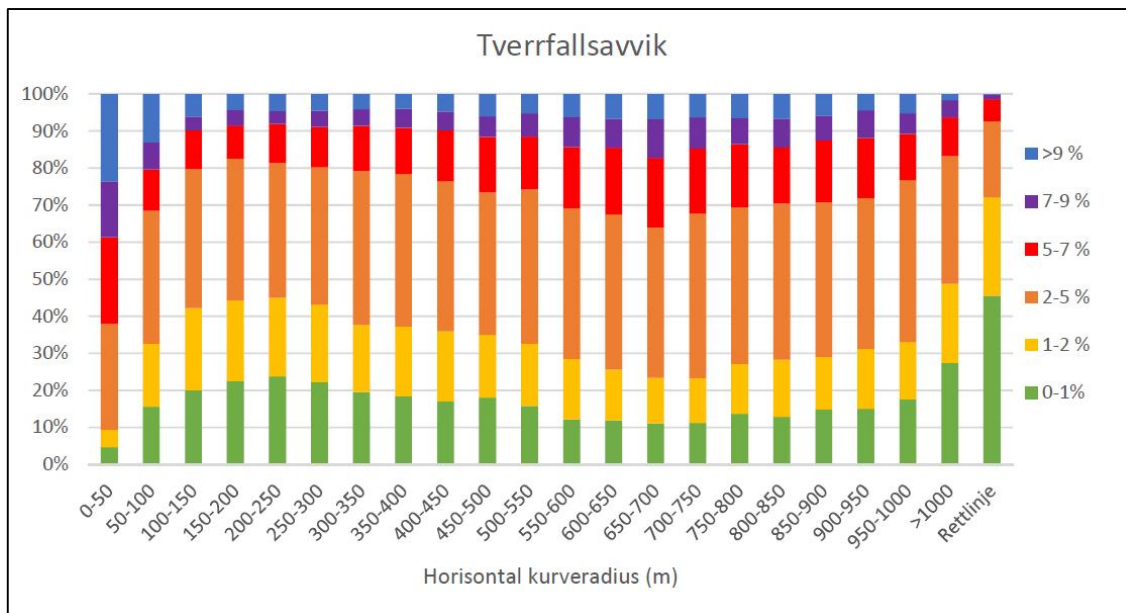
Fordeling av andel tverrfallsavvik per avviksintervall viste at det er stor andel strekninger som tilfredsstilte kravet  $\pm 1\%$ , men det var størst forekomst av tverrfallsavvik 1-3 %. Større avvik fra kravet forekommer i liten grad.



**Figur 5-16 Ulykkesfrekvens per tverrfallsavvik ved møte- og utforkjøringsulykker.**

Ved studie av møte- og utforkjøringsulykker finner man at ulykkesfrekvens ikke øker før man har tverrfallsavvik over 3 %. Avvik på 5-7 % gir størst ulykkesfrekvens. Der tverrfallsavviket er større enn 9 % er ulykkesfrekvens lavest. Determinasjonskoeffisienter ( $R^2$ ) er under 0,18 og vitner om at det er dårlig sammenheng mellom ulykkesfrekvens og tverrfallsavvik.

Dersom man vurderer ulykkesfrekvens i forhold til møteulykker og utforkjøringsulykker separat viser resultatene at det er større risiko for utforkjøringsulykker enn møteulykker. Ved tverrfallsavvik 5-7 % er risio for utforkjøring størst.



**Figur 5-17 Tverrfallsavvik fordelt etter horisontal kurveradius.**

Fordeling etter horisontal kurveradius viser at det er stor andel tverrfallsavvik på 0-1 % på rettlinjer og liten andel ved de minste kurveradiusene mellom 0-50 meter. Man ser ingen lineær trend mellom minste og største kurveradius, tverrfallsavvik går i en slak bølgeform, hvor man finner de største avvikene mellom kurveradius 500-1000 som er forholdsvis normale kurver.

Når man ser på tverrfallsavvik ser man på avvik fra det bestemte tverrfallskravet ved nybygging og utbedring av veger etter håndbok N100. Når man ser på forhold ved eksisterende veger bør man heller gjøre vurderinger på om tverrfallet bør rettes opp ved å sammenligne tverrfallet med vedlikeholdskrav fra håndbok R610, som viser toleranser for tverrfallet. Tverrfallsavviket gir i denne sammenheng en indikasjon på hvor mye tverrfallet skal rettes opp. Akseptabelt tverrfall hadde for eksempel tverrfallsavvik som varierte fra 0 % til 5,07 %. Det er heller vurderinger om tverrfallet ikke er riktig utformet i forhold til den spormålte kurveradiusen (uakseptabelt tverrfall) som er avgjørende for om tverrfallet skal rettes opp. Uakseptabelt tverrfall er for mye tverrfall, for lite tverrfall og tverrfall som ligger feil veg. Dette bør rettes opp ved vedlikeholdstiltak. 45 prosent av betraktete strekninger av E6, E39 og E136 har uakseptabelt tverrfall. Oversikt over tverrfallsavvik ved uakseptabelt tverrfall fremkommer i Tabell 5-1, og viser antall kilometer kjørestrekning der tverrfallet bør rettes opp per avviksintervall.

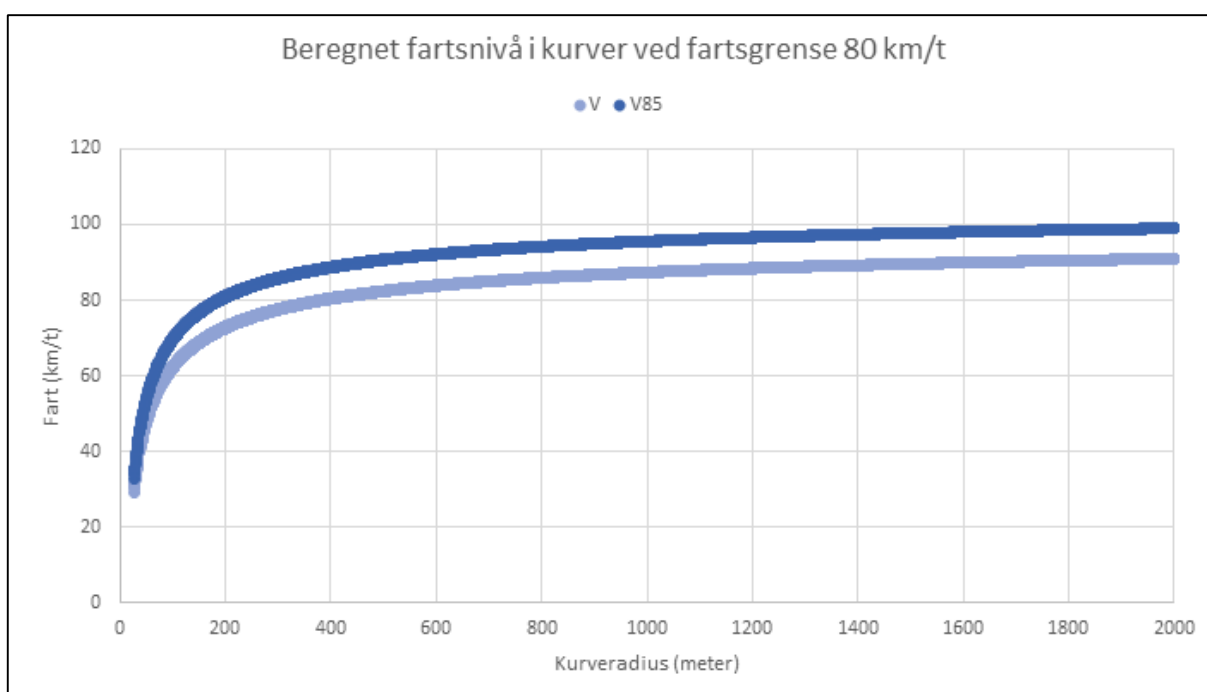
Tverrfallsavvik	Uakseptabelt tverrfall (km)	Tverrfallsavvik	Uakseptabelt tverrfall (km)
0-1 %	41,291		
1-3 %	326,086	1-3 %	326,086
3-5 %	300,999	3-5 %	300,999
5-7 %	231,653	5-7 %	231,653
7-9 %	87,362	7-9 %	87,362
>9 %	57,289	>9 %	57,289
<b>Totalsum</b>	<b>1044,680</b>	<b>Totalsum</b>	<b>1003,389</b>

**Tabell 5-1 Oversikt over feil tverrfall som bør rettes opp.**

I tverrfallsavviket 0-1 % var det kun for mye tverrfall som utgjorde den uakseptable andelen av tverrfallet. Det ble også vurdert til å ligge så nærme tverrfallskravet, at tverrfallsfeilen ikke kunne vurderes til å være uakseptabel. Tabell til venstre viser strekningslengdene det bør gjøres tiltak på dersom tverrfallsavviket 0-1 % tas med. I tabellen til høyre fjernes det uventlige avviksintervallet og man står igjen med 1003 km veg der tverrfallet må rettes opp i ulik grad.

### 5.3 Sammenheng mellom ulykkesfrekvens og fart

I analysene som omfattet fart ble beregningsformler på gjennomsnittsfart (V) og 85%-fraktil (V85) nærmere omtalt i litteraturen, benyttet for å finne forventet fartsnivå i kurver. Ettersom formlene baserer seg på fartsmålinger på steder med fartsgrense 80 km/t, blir kun spormålte strekninger i 80-sone inkludert i analysene. Sidekreftene ved kjøring gjennom kurve økes ved mindre horisontalradius og større fart, og man får dårligere sidefriksjon. For best mulig kjørekomfort og ivaretagelse av trafikksikkerhet i kurver, beregnes minimumsradius ut fra likevekt mellom kreftene som virker inn på kjøretøyet, nærmere omtalt i teorien. Minste tillatte horisontalradius bestemmes ut fra beregnet fartsnivå, spormålt tverrfall og beregnet sidefriksjon.

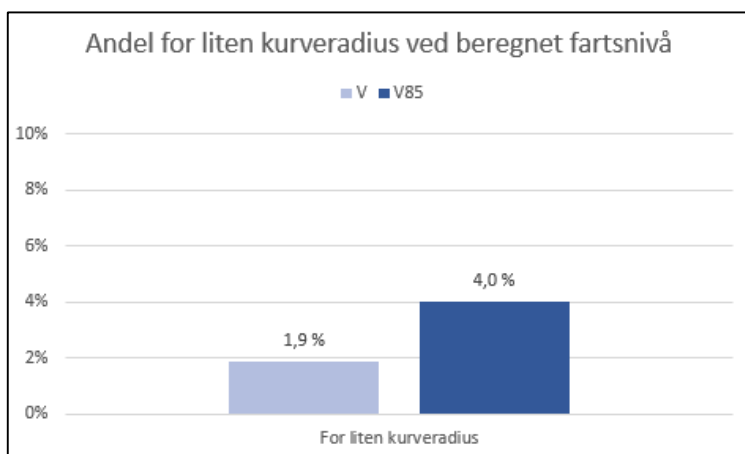


**Figur 5-18 Beregnet fartsnivå i kuver med fartsgrense 80 km/t.**

Figur 5-18 viser fartsnivået i analyseområdet der gjeldende fartsgrense var 80 km/t. Man ser at fartsnivået flater ut ved kurveradius større enn 400 meter som nevnt tidligere i oppgaven, men fartsnivået vises likevel frem til radius 2000 meter, ettersom dette er maksimal kurveradius som ble hentet ut fra NVDB. Verdt å legge merke til er at beregnet gjennomsnittsfart ifølge modellen ikke overstiger fartsgrensen før man overstiger denne kurveradiusen på 400 meter. 85 prosent av alle bilførere overstiger ikke fartsgrensen før kurveradius 200 meter. I slake kurver (<1000m) ser gjennomsnittsfarten ut til å ligge 10 km/t over fartsgrensen. V85-farten ligger ca. 20 km/t over fartsgrensen i de slake kurvene.

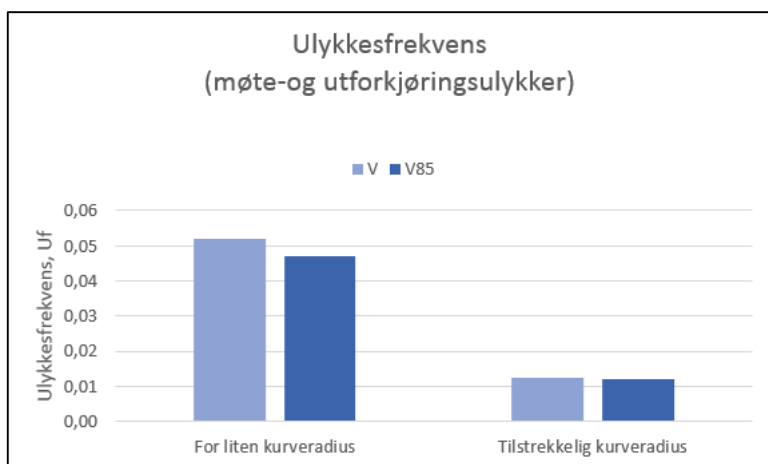
### 5.3.1 For liten kurveradius eller tilstrekkelig kurveradius

Etter at beregnet fart (V og V85) ble funnet ble disse satt inn i formel for minimumsradius, for å se hvilken horisontalradius som var minste tillatte ved beregnet fartsnivå i kurven. Dersom spormålt kurveradius var for liten i forhold til beregnet minimumsradius, betydde dette at radius må økes eller farten senkes for at kravet om likevekt mellom kreftene som virker inn på kjøretøyet skal oppnås. Dersom spormålt kurveradius var større enn minimumsradius ved beregnet fart, ble kurveradius vurdert å være tilstrekkelig i forhold til dimensjoneringskravene. Dette ble nærmere omtalt i kapittel 4.



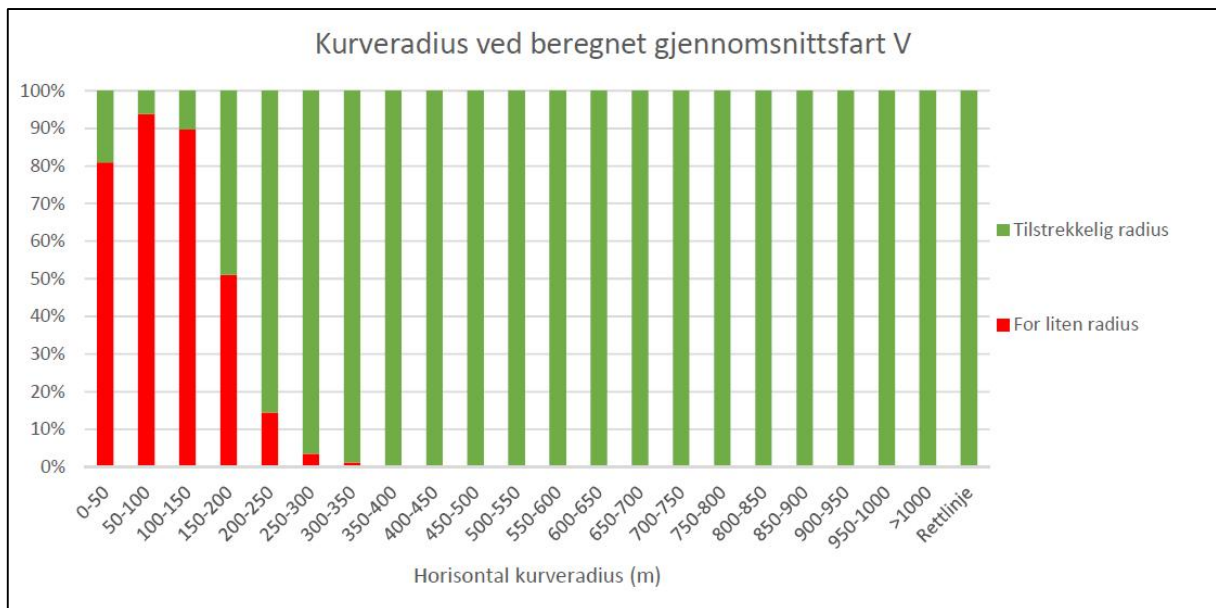
Figur 5-19 Andel for liten kurveradius ved beregnet fartsnivå.

Dersom man undersøker andel strekninger med for liten kurveradius ser man at 2% har for liten radius ved beregnet gjennomsnittsfart (V) og 4 % for liten radius ved beregnet 85%-fraktil fart. Resterende strekninger har tilstrekkelig horisontalradius, og har ikke behov for utbedring.

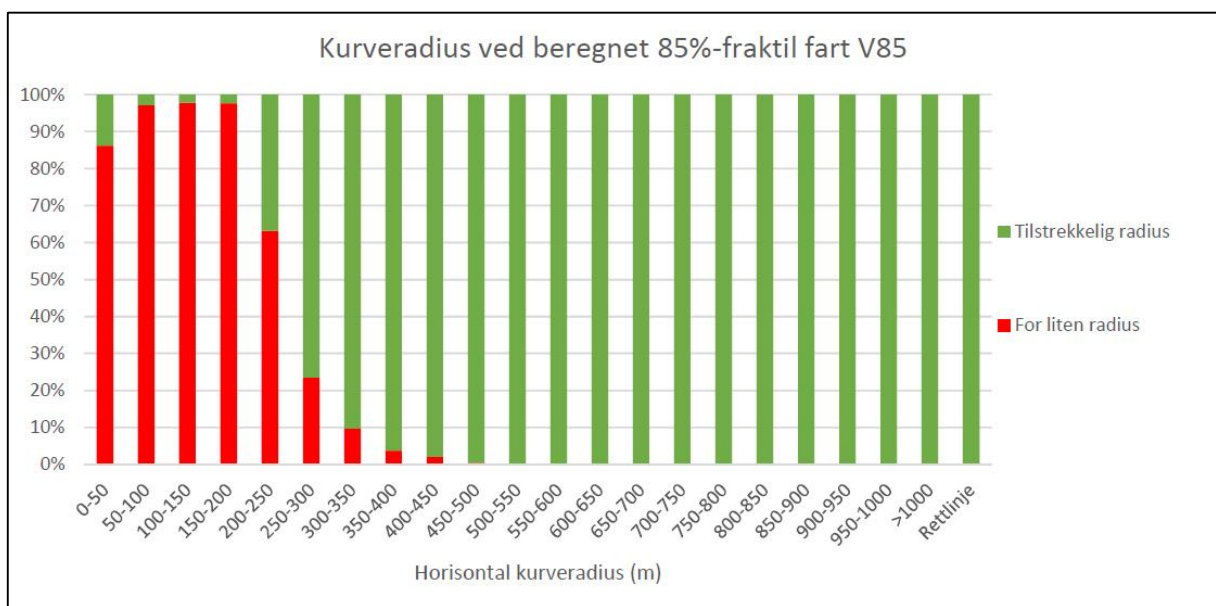


Figur 5-20 Ulykkesfrekvens for liten kurveradius ved beregnet fartsnivå.

Man ser at man har betydeligere høyere ulykkesfrekvens på de strekningene med for liten kurveradius i forhold til beregnet fartsnivå, både når det gjelder gjennomsnittsfart og 85%-fraktil. For tabell med beregning av ulykkesfrekvens, se vedlegg 6.



**Figur 5-21** For liten eller tilstrekkelig kurveradius etter beregnet gjennomsnittsfart, fordelt etter horisontal kurveradius.



**Figur 5-22** For liten eller tilstrekkelig kurveradius etter beregnet 85%-fraktil fart, fordelt etter horisontal kurveradius.

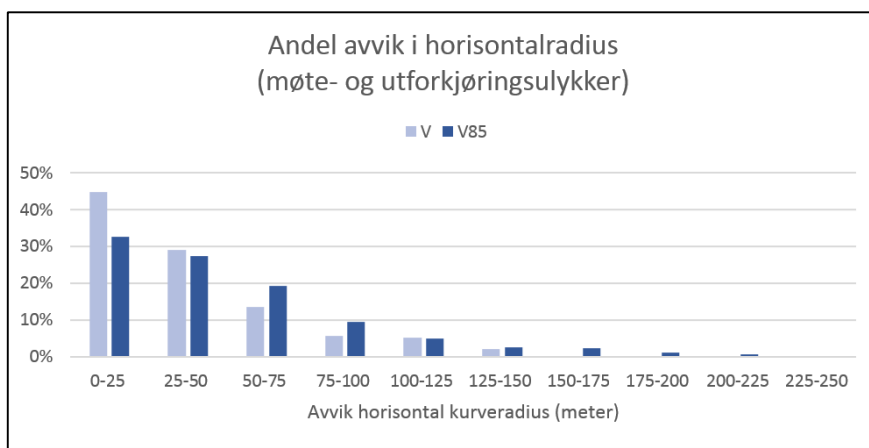
Ved betraktning av tilstrekkelig og for liten kurveradius ved ulike radiuser, viste resultatene at det var for liten kurveradius ved radius lavere enn 450 meter ved beregnet gjennomsnittsfart



(V) og 550 meter ved beregnet 85%-fraktil (V85). Verdier under 1 prosent vises ikke i Figur 5-21 og Figur 5-22, men kan ses i tabeller i vedlegg 8.

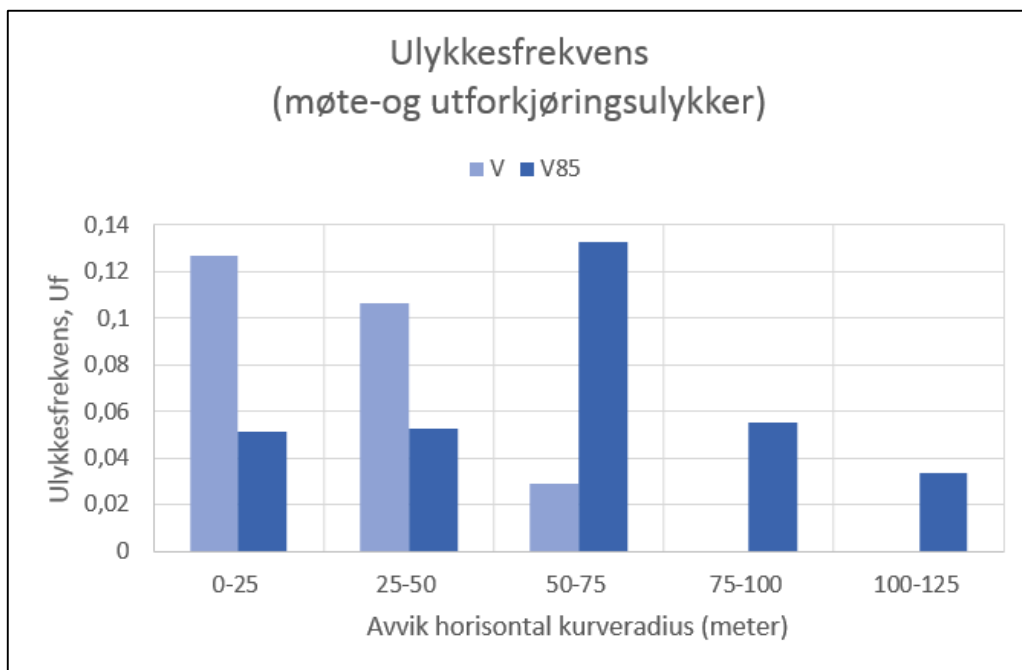
### 5.3.2 Avvik fra minste tillatte horisontal kurveradius

Her skal spormålt horisontalradius som er for liten i forhold til minste tillatte horisontalradius ved beregnet fartsnivå undersøkes nærmere. Man deler avvikene opp i intervaller etter størrelse på avvik fra minstekrav til horisontal kurveradius. Dersom minste tillatte radius er 250 meter, og man har en spormålt kurveradius på 220 m. har vi 30 meter for liten radius. Horisontalkurven har da et avvik som kan plasseres i avviksintervallet 25-50 meter i Figur 5-23 og Figur 5-24.



**Figur 5-23 Andel per avvik i horisontal kurveradius ved for liten radius etter beregnet gjennomsnittsfart.**

Ved både beregnet gjennomsnittsfart (V) og 85%-fraktil fart (V85) har man størst andel for liten horisontalradius når radius er 0- 25 meter mindre enn minimumskravet til kurven. Man har mindre andel 0-25 m. avvik og større andeler avvik over 25 m. ved 85%-fraktil fart.



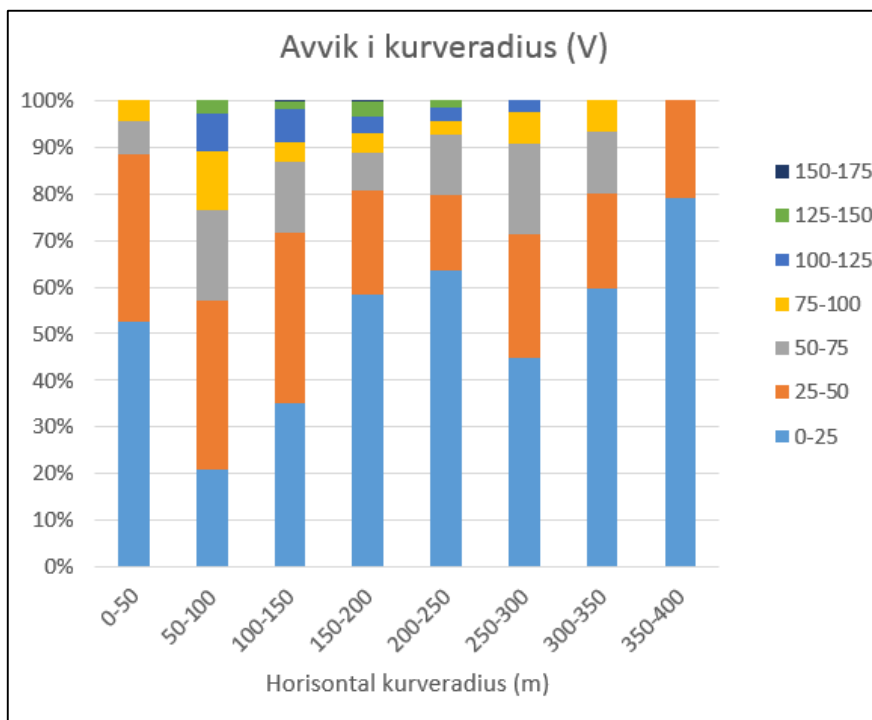
**Figur 5-24 Ulykkesfrekvens per avvik i horisontal kurveradius ved for liten radius.**

Ved sortering av data ble det funnet at maksimalt avvik fra minste tillatte kurveradius var:

- 156 meter ved beregnet gjennomsnittsfart, V
- 230 meter ved beregnet 85%-fraktil fart, V85

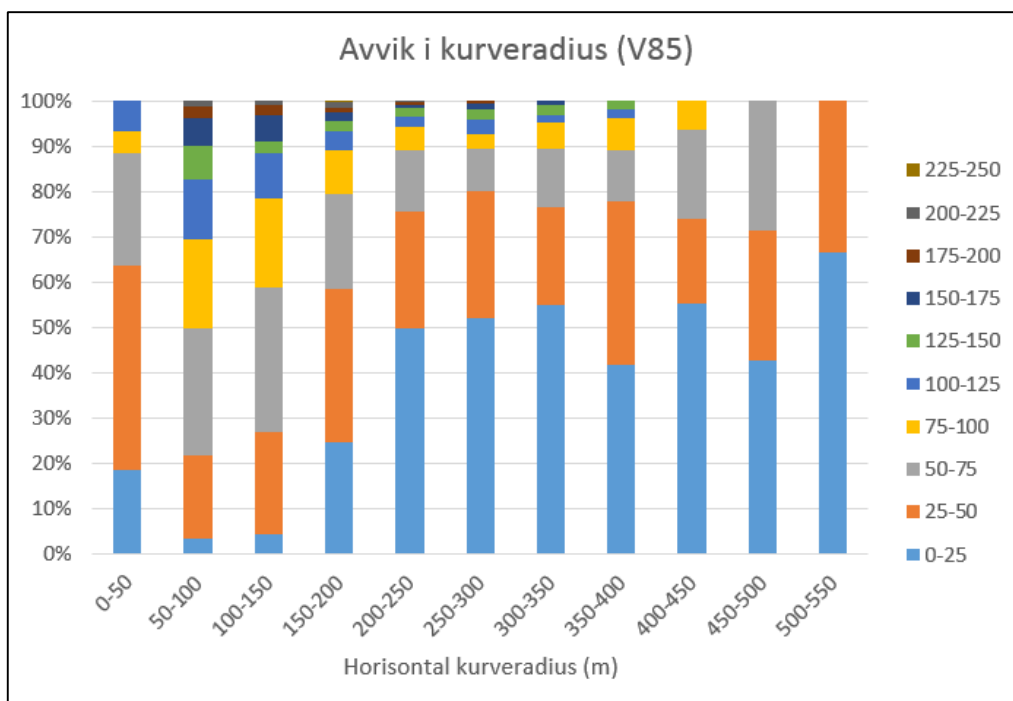
Der avvikene fra minste dimensjonerende horisontalradius var over 125 meter, fantes det ingen ulykker. Man stanser derfor avviksintervallene i Figur 5-24 ved 100-125 m. avvik. At 85%-fraktil fart hadde større avvik enn gjennomsnittsfarten er naturlig ettersom fartsnivået er noe større, noe som krever større radius i kurver.

Resultatet i Figur 5-24 viser at det er størst ulykkesfrekvens i kurver med små avvik. Ved beregnet gjennomsnittsfart (V) eksisterer det ulykkesfrekvens der det er avvik i kurveradius 0-75 meter, størst ulykkesfrekvens finner man ved avviksintervallet 0-25 m. 85%-fraktilen har ulykkesfrekvens over et større avvik, 0-125 meter, og risiko for ulykke var størst ved avviksintervallet 50-75 m. Årsak til hvorfor ulykkesfrekvens er størst i forskjellige avviksintervall ved beregnet gjennomsnittsfart og 85%-fraktil diskuteres nærmere i diskusjonskapitlet.



**Figur 5-25 Avvik i kurveradius ved for liten radius etter beregnet gjennomsnittsfart, fordelt etter horisontal kurveradius.**

Ved betraktning av beregnet gjennomsnittsfart (V) er det for liten radius i kurver med horisontalradius under 400 meter.



**Figur 5-26 Avvik i kurveradius ved for liten radius etter beregnet 85%-fraktil fart, fordelt etter horisontal kurveradius.**

Ved 85%-fraktil fart er radius for liten i kurver med horisontalradius under 550 meter.

I litteraturen ble det funnet ulykkesreduksjon ved utretting av kurver, mens forbedring av tverrfall viste spredte resultater. Vegens tverrfall i seg selv påvirker ikke ulykkesfrekvens mye, det var i hvilken grad tverrfallet er utformet optimalt i en kurve som er avgjørende for ulykkesfrekvensen. Om man da skal velge mellom å rette opp uakseptabelt tverrfall eller kurver med for liten kurveradius vil man få størst effekt ved utretting av kurver. Retter man kun opp tverrfallet i en kurve som i utgangspunktet er for liten, vil problemet fortsatt være der. Retter man ut de kurvene som har for liten kurveradius i forhold til beregnet fartsnivå, vil man også måtte rette opp tverrfallet i samme prosess. Man får dermed fjernet begge problemområder, og resultatet blir et mer helhetlig trafikksikkerhetstiltak som forhåpentligvis fører til redusert ulykkesfrekvens og færre ulykker. Spørsmålet er hvor kostbart det blir å rette ut kurvene i forhold til å rette opp tverrfallet. Det bør gjennomføres en kost-nytteanalyse for deretter å lage en prioriteringsliste over de tiltakene som er mest nytte-kostnadseffektive. Resultatene viste at kun 2-4 prosent av strekninger med 80-sone hadde horisontalkurvatur med for liten radius i forhold til minste dimensjonerende radius, avhengig av hvilket fartsnivå som ble beregnet. Ettersom man bør dimensjonere etter høyeste fart, bør 85%-fraktilen som har noe høyere fartsnivå enn gjennomsnittsfart, benyttes som utgangspunkt. I følge Figur 5-19 hadde 4 prosent av strekningene i 80-sone for liten kurveradius ved beregnet 85%-fraktil fart. Nedenfor vises en oversikt over antall kilometer kjørestrekning der horisontalkurver bør rettes opp dersom man tar utgangspunkt i den farten 85 prosent av bilførerne ikke overskrider (V85).

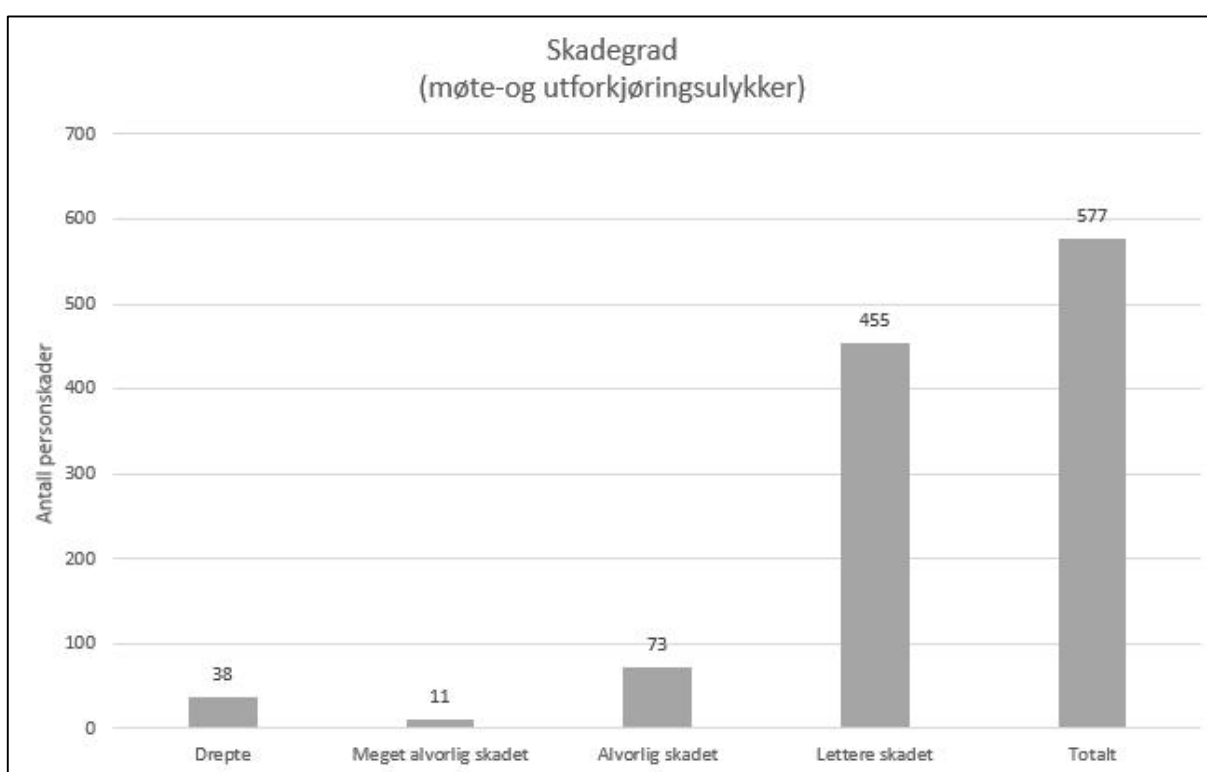
Avvik kurveradius ved beregnet V85	Lengde (km)
0-25	14,479
25-50	12,198
50-75	8,551
75-100	4,235
100-125	2,224
125-150	1,118
150-175	1,017
175-200	0,489
200-225	0,280
225-250	0,020
<b>Totalsum</b>	<b>44,611</b>

**Tabell 5-2 Oversikt over horisontalkurver med for liten radius som bør rettes ut.**

I alt burde 44,6 km veg med for liten horisontalradius utbedres ved utretting av kurveradius. Kurver som trenger de minste justeringene mellom 0-50 meter utgjør mesteparten av tiltaksbehovet.

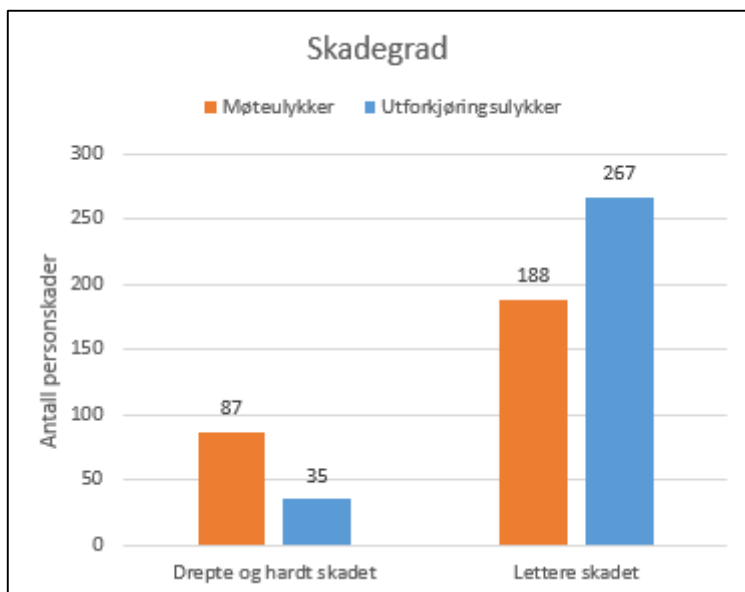
## 5.4 Skadegrad i ulykkene

Skadegrad ble undersøkt i alle møteulykker og utforkjøringsulykker og ulykkestypene hver for seg. Deretter ble skadegrad innenfor hver enkelt uhellskode analysert. I alt åtte uhellskoder inngår i analysegrunnlaget, og inkluderer møte- og utforkjøringsulykker i både kurver og på rettstrekninger. Skadegrad ble også undersøkt ved forskjellig typer tverrfall, tverrfallsavvik, horisontalradius avvik og i forhold til for liten eller tilstrekkelig kurveradius. Andel drepte og hardt skadde ble også undersøkt. Alle personskader på betraktete strekninger er ikke oppdelt i skadegrad. Totalt antall personskader er i virkeligheten mye større, men i følgende analyser tar man kun for seg de personskadene som er oppdelt i skadegrad.



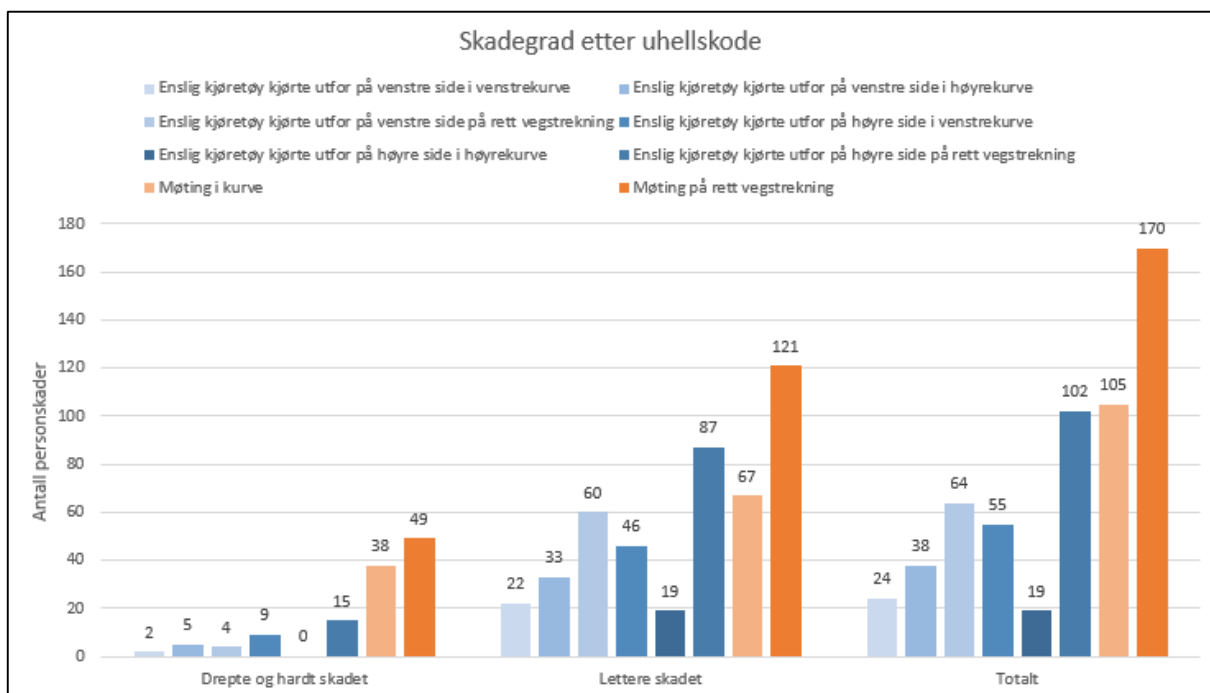
**Figur 5-27 Skadegrad i møte- og utforkjøringsulykker.**

Resultatene viser at i de 420 møte- og utforkjøringsulykkene har vi 577 personskader som har informasjon om skadegrad. Skadegrad kategoriene viste 38 drepte, 11 meget alvorlig skadet, 73 alvorlig skadet og 455 lettere skadet. Ettersom vi har så få drepte, meget alvorlig og alvorlig skadet samles de tre til en felles skadegrad "drepte og hardt skadde", som kan kobles mot nullvisjonen til Statens vegvesen (Ingen drepte eller hardt skadde i vegtrafikken).



**Figur 5-28 Skadegrad i møteulykker og utforkjøringsulykker.**

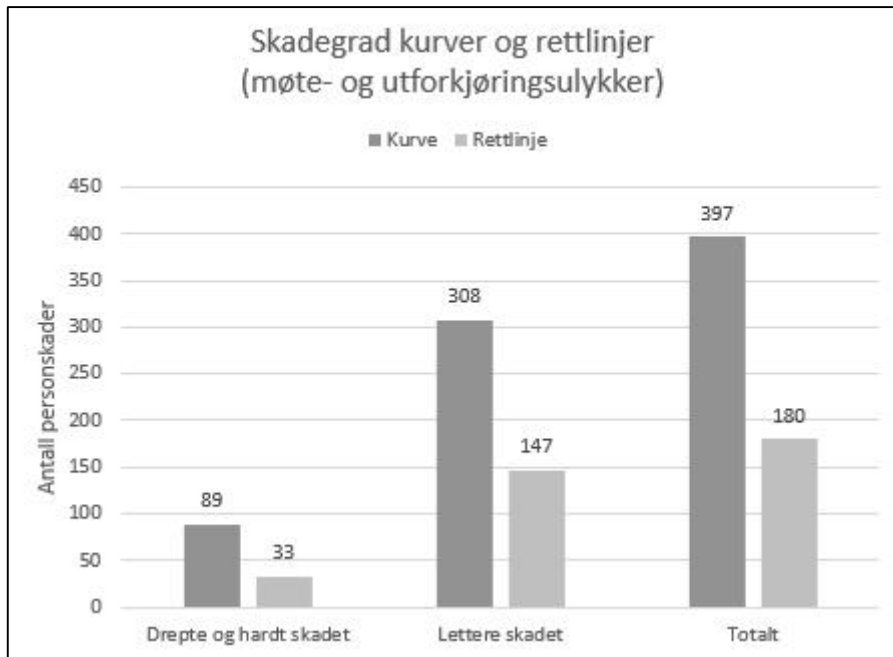
I Figur 5-28 ser man at det er flest personskader i utforkjøringsulykkene, men dette er naturlig ettersom det er dobbelt så mange utforkjøringsulykker (280 stk) enn møteulykker (140 stk). Selv om man har halvparten så mange møteulykker har man mye personskader ettersom det er minst to personskader per møteulykke der to kjøretøy er involvert. Flere ble drept og hardt skadet i møteulykkene. Utforkjøringsulykkene har flest lettere skadet og vitner om utfall med lavere alvorlighetsgrad.



**Figur 5-29 Skadegrad i fordeling etter uhellskoder innen møte- og utforkjøringsulykker.**

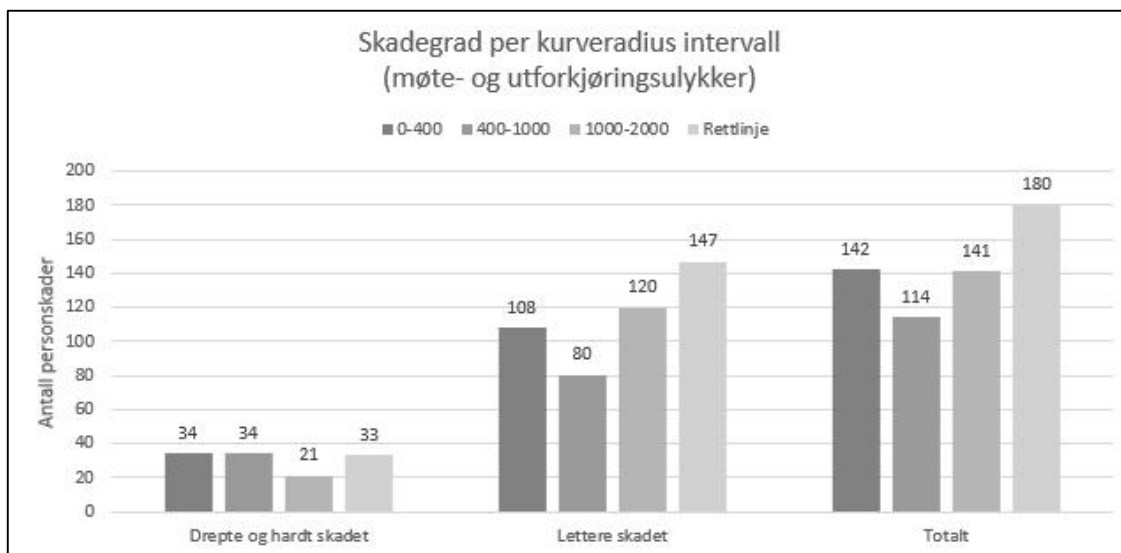
Dersom skadegrad ble sortert etter uhellskoder viste resultatene at det er flest personskader ved møteing på rett vegstrekning i alle skadegradkategorier. Antall drepte og hardt skadde i forhold til total per uhellskode er størst ved møteing i kurve der 36 % av ulykkene fikk personskader med drepte og hardt skadde. Det er også høy andel drepte og hardt skadde ved møteulykker på rett vegstrekning (29%).

#### 5.4.1 Skadegrad og geometri



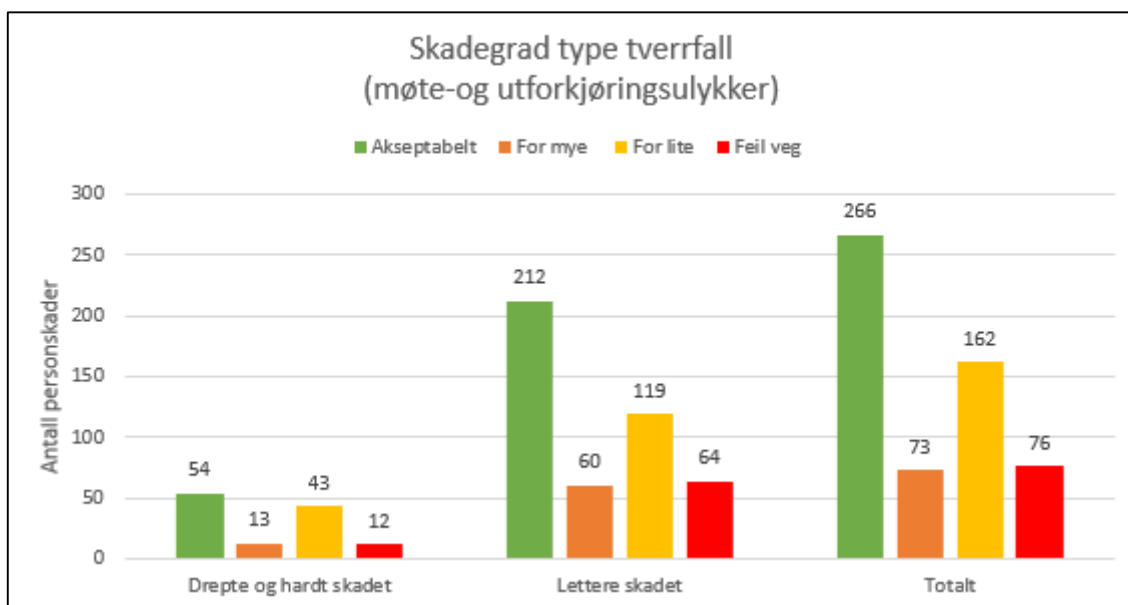
**Figur 5-30 Fordeling av skadegrad på rettlinjer og i kurver.**

Det er tidligere funnet at 138 av ulykkene skjer på rettlinjer, mens 282 ulykker skjer i kurver. Fordeling av skadegrad på rettlinjer og kurver viser at det både er flere personskader og større omfang alvorlig skadegrad i de ulykkene som skjer i kurver.



Figur 5-31 Skadegrad på rettlinjer, krappe, normale og slake kurver.

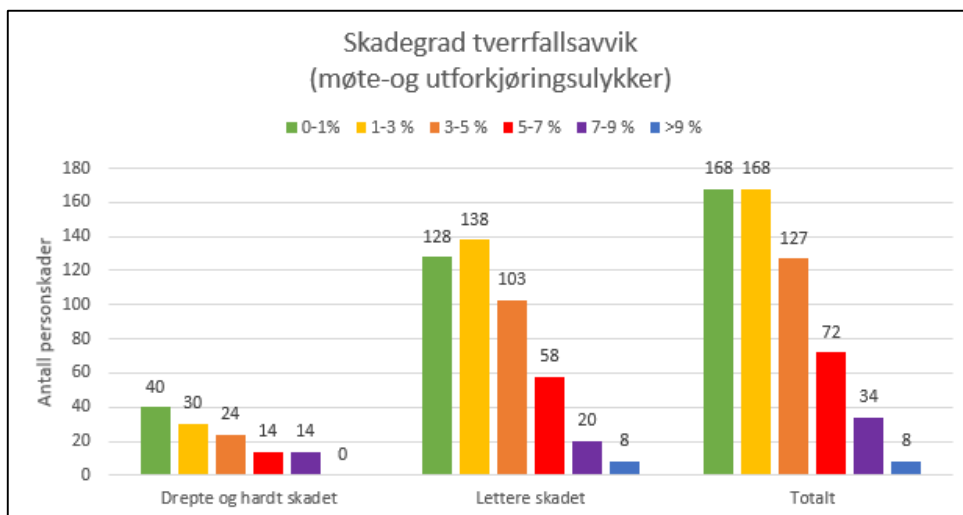
Skadegrad fordelt på krappe kurver (0-400 m), normale kurver (400-1000 m) og slake kurver (>1000 m) og rettlinjer viser at man har færrest drepte og hardt skadde i de slake kurvene.



Figur 5-32 Skadegrad per type tverrfall.

Skadegrad per type tverrfall viste at ganske mange av personskadene skjer ved for lite tverrfall, men de fleste personskader skjer ved akseptabelt tverrfall. Andel drepte og hardt skadde i forhold til total per tverrfallstype er derimot størst ved for lite tverrfall (27 %).

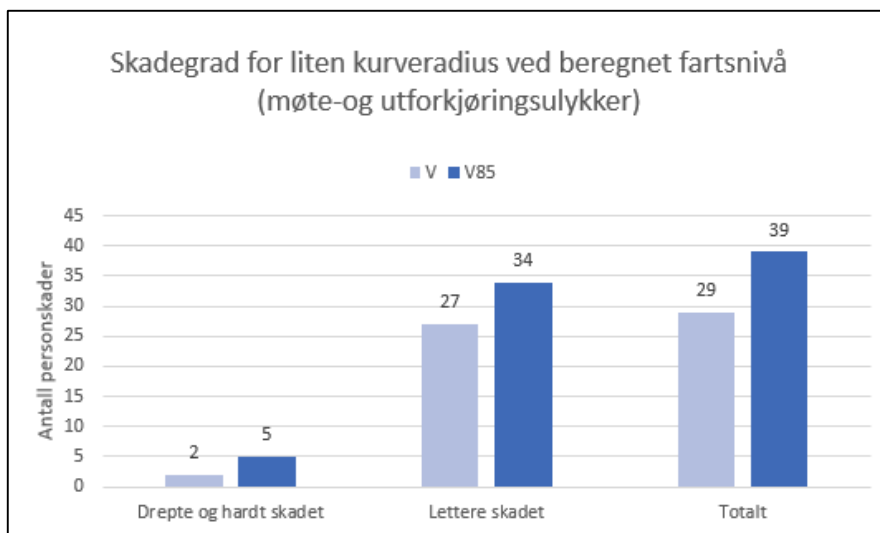




**Figur 5-33 Skadegrad per tverrfallsavvik.**

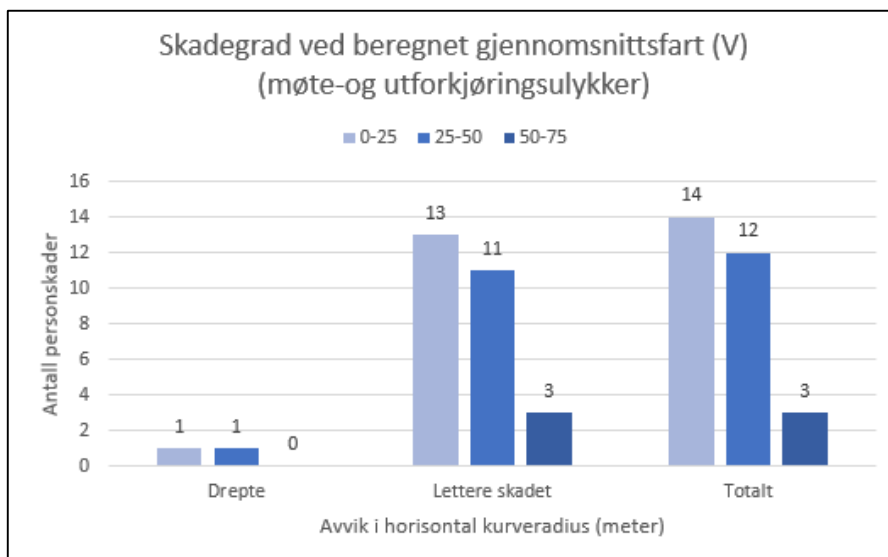
Ved skadegrad per tverrfallsavvik ser man at man har flest personskader ved avviksintervall 1-3 % ved samtlige skadegrads-kategorier. Flest drept og hardt skadet i forhold til total er størst ved tverrfallsavviket 7-9 % (hele 41 prosent), men er også stor ved tverrfallsavvik 5-7 %. Formen på den grafiske fremstillingen er lik fordeling av andeler per tverrfallsavvik i Figur 5-15.

#### 5.4.2 Skadegrad og fart

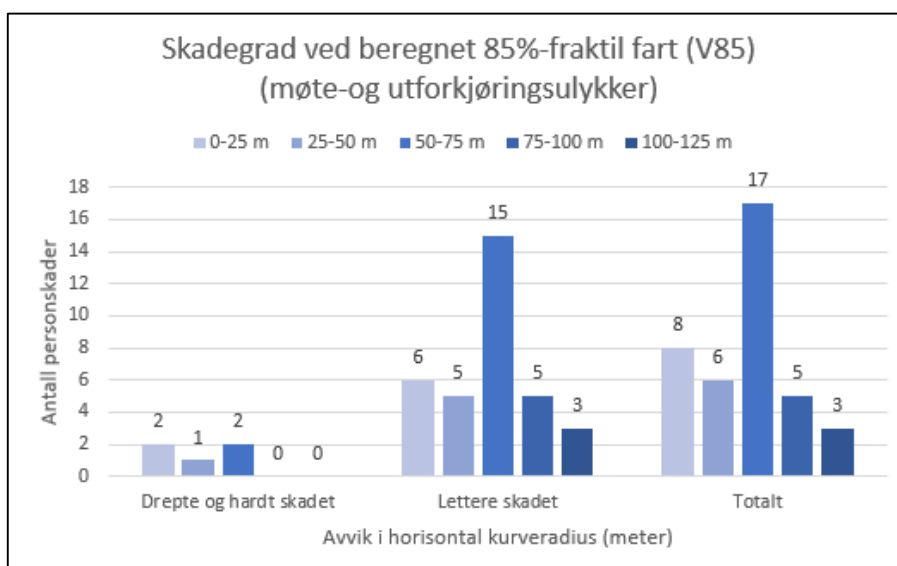


**Figur 5-34 Skadegrad for liten kurveradius etter beregnet fartsnivå.**

Radius som var for liten i forhold til minste dimensjonerende horisontalkurveradius ved beregnet fartsnivå ble koblet mot skadegrad. Resultatet viste at man har flere personskadeulykker ved beregnet 85%-fraktile fart (V85) enn beregnet gjennomsnittsfart (V) ettersom farten er større. Man har dobbelt så stor andel drept og hardt skadet ved 85%-fraktile.



**Figur 5-35 Skadegrad avvik i kurveradius etter beregnet gjennomsnittsfart (V).**



**Figur 5-36 Skadegrad avvik i kurveradius etter beregnet 85%-fraktil fart (V85).**

Fordeling av skadegrad ble også undersøkt for avviksintervall innenfor kategorien for liten horisontalradius. Ved gjennomsnittsfart (V) ser man at man kun har drepte og lettere skadet, hvor flest personskader skjer ved små avvik i radius på 0-25 meter. Ved 85%-fraktil fart har man i tillegg til drepte og lettere skadet også med kategorien alvorlig skadet. Her ser man at avviksintervallet på 50-75 meter har flest personskader, noe som høres fornuftig ut i og med at det tidligere ble funnet at ulykkesfrekvens for V85 var størst i dette området.

Man har egentlig litt for lite data til å si stort om skadegrad i forhold til fart.

## 5.5 Oppsummering

### Sammenheng mellom ulykker og horisontalkurveradius

- Det har skjedd flest ulykker i kurver, der er også ulykkesfrekvens størst
- Ulykkesfrekvens øker når horisontalradius reduseres, særlig ved de minste kurveradiusene
- Rettlinje har lavere ulykkesfrekvens enn de slake kurvene over 1000 meter
- Det er større risiko for møteulykke i krappe kurver og større risiko for utforkjøringskurver ved større kurveradius
- Ulykkesfrekvens har størst usikkerhet ved krappe kurver under 30 meter, som hadde få observasjoner
- Logaritmefunksjon og potensfunksjon kan benyttes til å fremstille ulykkesfrekvens i kurver, men har sine fordeler og ulemper avhengig av hvilke verdier som inkluderes i utvalget
- Relativ ulykkesfrekvens viser at krappe kurver med radius  $<200$  m. har mellom 3 og 4 ganger så stor ulykkesfrekvens som slake kurver  $>1000$  m

### Sammenheng mellom ulykker og tverrfall

- Tverrfallsavviket 0-1 % består hovedsakelig av akseptabelt tverrfall og  $>9$  % består av tverrfall som ligger feil veg
- Tverrfallstypen "for lite tverrfall" er den tverrfallsfeilen som gir størst ulykkesfrekvens
- 55 prosent av alle strekningene i analysegrunnlaget er akseptabelt tverrfall. 45 prosent av betraktede strekninger har uakseptabelt tverrfall
- Det er større ulykkesfrekvens ved uakseptabelt tverrfall enn akseptabelt tverrfall, men forskjellen er liten
- Et tverrfallsavvik på 5-7 % gir størst ulykkesfrekvens. Der tverrfallsavviket er større enn 9 % er ulykkesfrekvens lavest
- Ved tverrfallsavvik er risiko for utforkjøringsulykker større enn for møteulykker
- Sammenhengen mellom ulykkesfrekvens og tverrfallsavvik er dårlig, bekreftet av lav determinasjonskoeffisient
- Det er om tverrfallet er uakseptabelt eller ikke som avgjør om tverrfallet burde vært rettet opp, ikke størrelsen på tverrfallsavviket
- 1003 km vegstrekninger har feil i tverrfall som bør rettes opp

### **Sammenheng mellom ulykker og fart**

- Det er høyere ulykkesfrekvens på de strekningene med for liten kurveradius i forhold til beregnet fartsnivå, både når det gjelder gjennomsnittsfart og 85%-fraktil
- Ved beregnet gjennomsnittsfart (V) har man størst ulykkesfrekvens ved kurveavvik 0-25 m. Ved 85%-fraktilen har man størst ulykkesfrekvens ved kurveravvik 50-75 m
- Om man da skal velge mellom utbedring av uakseptabelt tverrfall eller kurver med for liten kurveradius vil man få størst effekt ved utretting av kurver. Når man skal anslå omfang utretting av kurver bør beregninger ved 85%-fraktil benyttes
- 44,6 km veg har for liten kurveradius og kurvatur bør rettes opp

### **Skadegrad**

- Av de 420 møte- og utforkjøringsulykkene som har informasjon om skadegrad har vi 577 personskader, hvor 38 ble drept, 11 meget alvorlig skadet, 73 alvorlig skadet og 455 lettere skadet
- Det er flest personskader i utforkjøringsulykkene, men møteulykker hadde flest alvorlige ulykker når det gjelder skadegrad
- Det er flest personskader ved uhellskoden "møting på rett vegstrekning" i alle skadegradkategorier
- I uhellskoden "møting i kurve" var det størst andel drepte og hardt skadde (36 %)
- Fordeling av skadegrad på rettlinjer og kurver viser at det er flere personskader og større skadegrad i de ulykkene som skjer i kurver
- Skadegrad fordelt på rettlinjer, krappe, normale og slake kurver viser at man har færrest drepte og hardt skadde i de slake kurvene
- De fleste personskader skjer ved akseptabelt tverrfall, men andel drepte og hardt skadde i forhold til total per tverrfallstype er derimot størst ved for lite tverrfall
- Det var flest personskader ved avviksintervall 1-3 %, men størst andel drept og hardt skadet ved tverrfallsavviket 7-9. Tverrfallsavvik 5-7 % hadde også stor andel alvorlige personskader
- Man har flere personskadeulykker ved beregnet 85%-fraktil fart (V85) enn beregnet gjennomsnittsfart (V) ettersom farten er større, samt dobbelt så stor andel drepte og hardt skadet
- Mange av personskader mangler opplysning om skadegrad, og kan bidra til usikkerhet

## 6 Diskusjon

I dette kapitlet diskuteres og tolkes funn og resultatene fra analysen. Resultat og funn relateres til gjennomgått teori, litteratur og tidligere forskning, for å finne likheter og ulikheter. Noen feilkilder som kan bidra til usikkerhet og påvirke analyseresultatene blir nevnt i tolkningen.

### 6.1 Tolkning av resultater

#### Ulykkesfrekvens i kurver

I analysen ble det funnet at mange av ulykkene skjedde i kurver som har mindre horisontalradius enn kravet til minste tillatte radius i håndbok N100. Samtidig så man i litteraturen at norske riksveger så ut til å ha høyere ulykkesfrekvens enn normal ulykkesfrekvens i kurver ved normal og god vegstandard, særlig ved små kurverradius under 50 meter. Mulig årsak til den høye ulykkesfrekvensen kan være at vegnettet i Norge noen steder har for dårlig standard i forhold til dagens utformingskrav. Mange av vegene i landet kan være gamle, og krappe svinger kan ha vært en nødvendighet tilbake i tid for å sikre fremkommelighet i et utfordrende landskap. I Norge skal man overholde fartsgrensen, men samtidig tilpasse farten etter kjøreforholdene. Dersom krappe kurver ikke er tydelig markert med skilting eller annen oppmerksomhet, kan det være vanskelig å tilpasse farten dersom linjeføringen er vanskelig å lese, og kurven kommer for brått på. En annen årsak til hvorfor man kan finne krappe kurver under minimumskravene i Norge kan være bruk av slyngkurver for å korte ned veglengder i vanskelig terreng, i rasutsatte områder, for å korte ned tunnellengder eller for eksempel å erstatte de helt. De geometriske kravene på fri vegstrekning blir i slike tilfeller sett bort fra. Det kan på den andre siden være utfordrende og kostbart å utbedre et gammelt vegnett, ettersom terrenget kan være kupert og det blir kostbart å bygge ut de nye vegene. Negativ kost-nyttevurdering kan medføre mindre eller ingen prioritet med tanke på finansiering. Nå til dags blir veger med mye krappe kurvatur byttet ut med større andel rettere linjeføring, tunneler og broer. Man må tenke bærekraft når man prosjekterer, og finne en løsning som vil fungere langt fremover i tid.

Dersom man sammenligner fremstilling av ulykkesfrekvens med potensfunksjon og logaritmisk funksjon ser man at begge har sine fordeler og ulemper. Man kan ikke fremstille data på en eksakt måte med potensfunksjon når man har ulykkesfrekvens lik null. Logaritmisk funksjon ser ut til å fremstille datamengden best, særlig der de minste kurveradiusene under 30 meter (som har stor usikkerhet) utelates.

Det som blir diskutert her, gir en indikasjon på at det er lett å manipulere resultatene. Det er da viktig å nevne hvilke verdier som er inkludert og hvilke som er utelatt, eller så kan fremstillingen bli feilaktig.

### **Sammenligning med normal ulykkesfrekvens**

Formel og graf for normal ulykkesfrekvens ved alle ulykkestyper viser at usikkerhet i ulykkesfrekvens ved liten kurveradius blir tatt hensyn til. Normal ulykkesfrekvens ved kurveradius 50 meter er 0,47 mens den ved radius under 50 meter er halvert til 0,24. Denne nedgangen kommer ikke frem i potens- og logaritmefunksjonene som er benyttet i den grafiske fremstillingen av ulykkesfrekvens i kurver, men er likevel tilstede dersom man ser på tabell for beregning av ulykkesfrekvens, se vedlegg 6.

Ulykkesfrekvens for møte- og utforkjøringsulykker er lavere enn for alle ulykkestyper sett under ett, ettersom ikke alle ulykker er inkludert i analysen. Ettersom normal ulykkesfrekvens i kurver, vist i teori- og litteraturkapitlet, inkluderer alle ulykker på vegnettet og denne oppgaven kun tar for seg utvalgte møte- og utforkjøringsulykker, er det vanskelig å sammenligne resultatene. En alternativ metode for sammenligning kan være å bruke forholdstall mellom de utvalgte møte- og utforkjøringsulykkene i oppgaven og normal ulykkesfrekvens:

$$U_{f,N,m\ddot{o}te\text{-}og\text{ }utforkj\ddot{o}ringsulykker} = U_{f,N} * \frac{\text{m\ddot{o}te-og utforkj\ddot{o}ringsulykker}}{\text{alle ulykker}}$$

Dette ble midlertidig ikke undersøkt i oppgaven, da ulykkene som ble innhentet fra NVDB inneholdt en del kriterier som ikke inkluderer alle møte- og utforkjøringsulykker. Blant annet ble kun tofelts veger vurdert. Det finnes mest sannsynlig møte- og utforkjøringsulykker også på firefelts veger. Dersom det er benyttet fysisk midtdeler eller midtrekkverk på firefelts vegen, har man også lite trolig møteulykker her.

### **Relativ ulykkesfrekvens**

I litteraturstudien ble det funnet at svakt krummede kurver med stor radius hadde flere fordeler innen trafikkisikkerhet enn rettlinjet veg. En undersøkelse på relativ ulykkesfrekvens viste at slake kurver med radius over 2000 meter hadde noe lavere ulykkesfrekvens enn rettlinjer. I NVDB blir kurver med radius over eller nøyaktig 2000 meter automatisk definert som rettlinjer. I analysen ble derfor radius 1000-2000 meter regnet som de slake kurvene, hvor ulykkesfrekvens var antatt minst. Analysen viste heller at rettlinjer har lavere ulykkesfrekvens enn de slake kurvene med horisontalradius over 1000 meter. Mange av 2000-verdiene kan være

slake kurver, men regnes som regnes som rettlinjer i denne analysen. Resultatet kan derfor være misvisende, ettersom mange av de svakt krummede kurvene kan ha blitt bli utelukket. Hadde NVDB hatt mulighet til å registrere spormålt horisontalkurvatur med større radiuser, ville man kanskje fått mer samsvarende resultater o forhold til resultatene i tidligere forskning.

Dersom man fjerner kurveradius intervallet  $>2000$  fra studien i litteraturkapitlet, ser man at man har større ulykkesfrekvens ved kurveradius intervall 1000-2000 m. enn på rettstrekninger, noe som også stemmer i denne analysen. Det ble også funnet i en studie at ulykkesfrekvens i kurver er 1,5 til 4 ganger høyere enn på rettstrekninger. Resultatene av analysen på relativ ulykkesfrekvens viser at ulykkesfrekvens i kurver med radius under 200 meter er ca. fire ganger større enn ved rettlinjer.

### **Tverrfallstype**

I resultatet fikk man en liten andel med "for mye tverrfall" i avviksintervallet 0-1 %, som i utgangspunktet kun burde bestått av akseptabelt tverrfall. Ettersom vedlikeholds kravet er dårlig tilpasset de nye tverrfalls kravene på nasjonale hovedveger, kan dette være grunnen til dette. Dersom man studerer fordeling av type tverrfall over alle kurveradiusintervall ser man en liten økning av andelen "for mye tverrfall" fra kurveradius 700 og høyere. Med bakgrunn i dette vil ikke alltid et tverrfall som har for mye tverrfall nødvendigvis være et uakseptabelt "tverrfall. Dersom man kun betrakter øvrige hovedveger i Figur 4-7 (Forskjellig krav og retningslinjer i ulike håndbøker) ser man at grensen for "for lite tverrfall" er mye mer begrenset (1,5% akseptabelt avvik fra normalkravet) enn grensen ved "for mye tverrfall". Dette er fordi for lite tverrfall utgjør en større trafiksikkerhetsrisiko enn for mye tverrfall med tanke på ulykker som skjer i kurver. Det usikre området hvor kravet for tverrfall på de nasjonale hovedvegene overstiger den øvre grensen vil derfor ikke utgjøre en stor risiko for trafiksikkerheten i en kurve, men ulykkesfrekvens bør likevel undersøkes.

Tverrfalls krav for nasjonale hovedveger er ikke nye krav. De fantes allerede som krav i gamle håndbok 265 "Linjeføringsteori" fra 2008, som tilsvarende håndbok V120 "Premisser for geometrisk utforming av veger" i dag. Kravene til vedlikehold av nasjonale veger burde av denne grunn også vært tilpasset de nasjonale hovedvegene, slik vedlikeholds kravene i håndbok R610 ikke gjør i til dags dato.

I Figur 5-10 (Ulykkesfrekvens per type tverrfall) ble det funnet at tverrfallstypen "for lite tverrfall" hadde den største ulykkesfrekvensen, som forventet. For lite tverrfall gir redusert sidefriksjon og kan føre til dårlig drenering av vegen slik at det legger seg et vannlag på toppen

av asfaltdekket. Veggrepet blir dermed redusert, og man kan få flere ulykker. Det som var uforventet var at tverrfallstypen "akseptabelt tverrfall" hadde ganske lik ulykkesfrekvens enn tverrfall som er utformet feil veg eller har for mye tverrfall. Dette kan ha bakgrunn i at ca. halvparten av ulykkene har skjedd på strekninger med akseptabelt tverrfall. Når det er kjent at forhold med vegen *kan* være medvirkende årsak til at ulykken skjedde i *kun* en fjerdedel av alle ulykker, kan det også ligge andre årsaker bak som kan ha medvirket til at ulykkene skjedde. Dette kan være faktorer knyttet til trafikant (Fart, manglende førerdyktighet, ruspåvirkning, tretthet, sykdom...), kjøretøy (teknisk tilstand) eller ytre forhold som værforhold, føreforhold, distraksjoner og lignende (Statens vegvesen 2014).

Det er kjent at ulykkesfrekvens øker til mindre kurveradius man har på vegen. Ettersom "for lite tverrfall" har størst ulykkesfrekvens av tverrfallstypene, var det forventet at det var stor andel av for lite tverrfall i området med krappest kurvatur. Det er vist i Figur 4-4 (Tverrfall ved minimumsradius) at det er mindre aksept for avvik i tverrfall ved små kurveradiusener enn for store kurveradiusener, der behovet for sidefriksjon er mindre. Ettersom krappe kurver nær minimumsradius krever maksimalt tverrfall er det en naturlig årsak at andel akseptabelt tverrfall er liten ved små kurveradiusener.

Ved fordeling av akseptabelt og uakseptabelt tverrfall per kurveradiusintervall ble det observert en brå økning av uakseptabelt tverrfall ved kurveradius over 1000 meter. Det nevnes i teorien at kurver med radius 1000 meter skal ha tverrfall  $4\% \pm 2,5\%$ , mens kurver med radius mindre enn 250 meter skal ha tverrfall  $8\% \pm 1,5\%$  og rettstrekninger  $3\% \pm 1,5\%$ . Aksepten for avvik i tverrfallet er mindre ved rettlinjler og kurver med radius over 1000 meter, slik at selv små avvik kan gi større konsekvenser i dette området, og kan forklare grunnen til den brå økningen.

Resultatene viste at 45 % av betraktede strekninger hadde uakseptabelt tverrfall. Fordelingen over horisontalradius viser også at uakseptabelt tverrfall øker til krappe kurver man har. Dette ble også funnet i Bogdashovas oppgave, der man hadde manglende eller feil tverrfall på 50 % av strekningene på E6 Sør-Trøndelag, spesielt på strekninger med kurveradius under 500 meter.

### **Tverrfallsavvik**

Det er ved tverrfallsavvik 3-9 % størst forekomst av tverrfallstypen "for lite tverrfall" som er forbundet med størst ulykkesfrekvens. Dette kan være årsaken til at det er størst ulykkesfrekvens i dette området. Det er tidligere nevnt at tverrfallsavvik over 9 % i stort sett alle tilfeller er tverrfall som ligger feil veg. Ettersom det også ble funnet at tverrfallstypen "feil veg" har relativt lav ulykkesfrekvens i forhold til de andre typene tverrfall, kan dette være en



naturlig årsak til nedgangen i ulykkesfrekvens ved tverrfallsavvik >9%. Hvorfor tverrfallsavvik over 9 % har lavere ulykkesfrekvens enn tverrfallsavvik mellom 0-3 % som er mest forbundet med akseptabelt tverrfall som igjen medfører lav ulykkesfrekvens kan diskuteres. Det ble i et avsnitt ovenfor sagt at akseptabelt tverrfall hadde høyere ulykkesfrekvens enn "for lite tverrfall" og "tverrfall feil veg", og at dette kunne skyldes at det er andre faktorer enn forhold med vegen som kan være årsak til ulykken. Dette kan også være tilfellet her.

I Bogdashovas analyse på E6 Sør-Trøndelag ble det funnet en større sammenheng mellom tverrfallsfeil og ulykkesfrekvens ved møteulykker. I denne oppgaven fant man en høyere ulykkesfrekvens hos utforkjøringsulykkene i samtlige avviksintervall. En mulig tolkning på dette kan være at E6 skiller seg fra de andre strekningene. Lofthaug vektla i sin studie ulykker med tunge kjøretøy, ettersom disse er mer utsatte for ulykker ved smal veg og feil tverrfall. Delstrekning på E6 har større ÅDT enn delstrekningene på E39 og E136, og kan derfor ha større andel trafikk med tungtransport som kan utgjøre større risiko og skadeomfang for møteulykker på smale veger med tverrfallsfeil. Videre fant Bogdashova at ulykkesfrekvens ved møteulykker var størst ved tverrfallsavvik over 7 % i kurver, og ved analyse av møte- og utforkjøringsulykker var det lavere ulykkesfrekvens ved tverrfallsfeil større enn 9 % enn mellom 7-9 %. Dette stemmer godt med resultatene i denne oppgaven. Bogdashova fant i tillegg ingen sammenheng mellom alle typer ulykker og feil tverrfall. Andre ulykkestyper ble ikke undersøkt i denne oppgaven, men dette tilsier at tverrfall kan knyttes nært opp mot møte- og utforkjøringsulykker. Lofthaug hevdet at feil tverrfall er hovedårsaken til møte- og utforkjøringsulykkene i sin analyse på E6 Nord-Trøndelag, ettersom nesten alle av ulykkene som skjedde hvor det var feil i tverrfallet, var møte- og utforkjøringsulykker. Dette er en litt kraftig påstand å komme med, ettersom det i litteraturen nevnes at man ikke får noen særlig stor ulykkesreduksjon ved å rette opp feil tverrfall. Tverrfallsfeil er mer trolig en medvirkende faktor til at ulykken skjer, ikke en hovedårsak.

Noen verdier av det spormålte tverrfallet går helt opp mot 35 %. Når det er kjent at maksimalt tverrfall er 8 %, kan dette være en feilkilde i oppgaven. Noen av tverrfallsmålingene overstiger nok maks. tverrfall av naturlige grunner, men et tverrfall som er over fire ganger så stort som maksimalt tverrfall høres usannsynlig ut. Det er mulig at noen av de største avvikene kan skyldes feilmålinger, dype spor eller spesielle situasjoner på vegen som kan føre til feilaktige måleresultat. Det ble oppdaget at dette i forekommer på kortere strekninger, og vil ikke påvirke resultatet i stor grad.

Man ser ingen tydelig sammenhengen mellom ulykkesfrekvens og tverrfallsavvik. Dette kan ha årsak i at det er lettere å se sammenhenger mellom tverrfall og ulykker når man ser på de forskjellige typene tverrfall; akseptabelt, for mye, for lite og tverrfall som ligger feil veg.

## **Fart**

Det totale analysegrunnlaget består av 420 utvalgte møte- og utforkjøringsulykker over en kjørelengde på ca. 2309 km. Analysegrunnlaget som brukes til analyse av fartsnivå i forhold til minste horisontalradius består av 260 ulykker over en kjørelengde på ca. 1106 km, ettersom det kun er strekninger i 80-sone som inngår i analysen. Strekninger med fartsgrense 80 km/t utgjør ca. halvparten av analysegrunnlaget, og er definitivt den fartsgrensen som det er størst forekomst av i det utvalgte analyseområdet. Fartsgrense 70 km/t utgjør den nest største andelen og dekker ca. en fjerdedel av analysegrunnlaget. Fartsgrensene 40, 50, 60 og 90 km/t utgjør ikke så store deler av analysegrunnlaget. Det er kjent at for høy fart etter forholdene eller overskridelse av fartsgrensen kan øke omfang av ulykkesfrekvens og skadegrad. Det kan derfor diskuteres om resultatene i 80-sone er representativt for alle strekningene i oppgaven. Man ser likevel på ulykkesfrekvens ved for liten eller tilstrekkelig kurveradius i forhold til minste tillatte horisontalradius ut fra beregnet fartsnivå i 80-sone, og konkluderer ut fra disse resultatene med et forbehold om at man kan få andre resultater ved andre fartsgrenser.

For hver av kjørestrekningene som hadde fartsgrense 80 km/t ble det beregnet en gjennomsnittsfart (V) og en 85%-fraktil fart (V85). Disse ble videre brukt sammen med spormålt tverrfall på strekningen til å finne minste tillatte horisontalradius. Hvor radius var for liten i forhold til dette kravet ble radius definert som for liten, hvor radius var større enn kravet ble kurveradius regnet som tilstrekkelig. Sett bort fra ulykkesfrekvens mellom forskjellige typer tverrfall, ga sammenligning av ulykkesfrekvens i kurver med for liten eller tilstrekkelig radius resultater som viste noen av de største forskjellene i ulykkesfrekvens mellom ulike variabler. Man har relativt mange ulykker i forhold til lengde på strekninger med for liten kurveradius. Dette kan være en mulig årsak til at man har høy ulykkesfrekvens ved for liten kurveradius. Det er tydelig at fartsnivå sammen med utforming av kurve er en viktig faktor å ta hensyn til når det gjelder trafikksikkerhet.

For liten kurveradius i forhold til kravet ble undersøkt ytterligere på samme måte som ved tverrfallsavvik, der man så på ulykkesfrekvens etter hvor mye fra kravet horisontalradius avviker. Resultatene viste at ulykkesfrekvens var størst ved små avvik fra kravet. Dette var ikke resultatet som først var antatt. Kurveradius avvik ved både gjennomsnittsfart og 85%-fraktil ble

undersøkt, og det viste seg at begge fartsnivå hadde større avvik enn det Figur 5-24 (Ulykkesfrekvens per avvik i horisontal kurveradius ved for liten radius) viser, men i disse områdene skjedde det ingen ulykker. Dette kan skyldes at bilførere ofte er mer oppmerksom og forsiktige ved kjøring gjennom krappe kurver. Det ble bemerket en liten forskjell der gjennomsnittsfarten (V) hadde størst ulykkesfrekvens i intervallet 0-25 meter, mens 85%-fraktil fart (V85) hadde størst ulykkesfrekvens ved større avvik 50-75 meter. Dersom man ser på andel strekninger med ulykker i disse intervallene, oppdages det at det er flest ulykker i disse kurveradiusintervallene, se vedlegg 5. Det kan være årsaken til forskjell mellom gjennomsnittsfarten (V) og V85-farten.

Veger dimensjoneres etter en fastsatt fartsgrense. Fartsgrenser bestemmes ut fra forskjellige hensyn og kan kobles mot politikk. Man ønsker økt vegstandard med god trafikkavvikling og tidsbesparelser samtidig som trafiksikkerhet må ivaretas. Dette kan føre til et konfliktområde. Senker man farten får man sannsynligvis lavere ulykkesfrekvens og lavere skadegrad, men dette kan påvirke trafikkavvikling og føre til dårligere fremkommelighet. Dette er heller ikke nødvendig dersom kurven rettes ut. Dersom man øker farten på en strekning, kan man risikere at noen horisontalkurver blir for små i forhold til krav om minste tillatte horisontalradius. Dette vil være vanskeligere å gjøre noe med selve farten for å redusere ulykker i kurver. Fart og geometri henger derfor tett sammen, og bør vurderes helhetlig. Det er midlertidig noen grep man kan gjøre for å forene fart og veg-geometri uten å endre fart eller linjeføring. Regjeringen har gjennom NTP foreslått økt bruk av varslings- og skilting før farlige kurver for å forhindre utforkjøringsulykker. Man kan også ta i bruk variable fartsgrenser. Dersom kjøreforholdene er dårlige settes fartsgrensen ned med digitale automatiserte skilt.

Man har generelt små andeler kurver med for liten kurveradius, men likevel er ulykkesfrekvens høy. Det vil si at det skjer utrolig mange ulykker på disse få strekningene, og for små kurver vurderes derfor å ha stor sammenheng med ulykkesfrekvens.

Det bør det nevnes til slutt at fartsnivå i ulykken kan være vanskelig å konstatere med sikkerhet, ettersom fartsnivå i ulykkene blir estimert etter fartsberegningsmodeller, som kun er en forenkling.

## **Skadegrad**

Resultatene viste at man har flest ulykker med lettere personskader av de 420 møte- og utforkjøringsulykkene som var inkludert i analysegrunnlaget. Det var generelt lite ulykker med drepte, meget alvorlig skadet og alvorlig skadet. En av grunnene kan være at mange av ulykkene

er registrert med personskade, men mangler informasjon om skadegrad. 474 personskader ble registrert med personskade uten informasjon om skadegrad, mens man hadde 577 personskader med angitt skadegrad. Dette er tegn på ufullstendig ulykkesrapportering der nesten halvparten av personskadene mangler informasjon om skadegrad. Litteratur om underrapportering viser at man hadde minst rapporteringsgrad ved lettere skader, men det kan også mangle rapportering ved mer alvorlige personskader. Dette kan bidra til usikkerhet i analyse og konklusjon om skadegrad. En løsning kunne vært å inkludert flere ulykker i analysen, eller sammenlignet møte- og utforkjøringsulykkene med andre ulykkestyper. Da kunne man fått større forekomst i hver skadegrad kategori og hatt et bedre grunnlag for å trekke konklusjoner, men underrapportering vil alltid gi usikkerhet i resultatene. Antall personskader og skadegrad i analysen kan likevel egne seg til å estimere samfunnsnyttene ved tiltak og utbedring av betraktede vegstrekninger, der man finner ut hvor mange drepte og hardt skadde på ulykkene, hva disse ulykkene koster samfunnet, og hva det vil koste å utbedre vegen ved å rette opp tverrfallet, horisontalkurvatur, osv.

Hvorfor det er så mange drepte og hardt skadde ved møting i kurve kan skyldes for lite tverrfall eller for høyt fartsnivå i forhold til kurveradius ved at kjøretøy i innerkurve i høyresving ikke får nok sidefriksjon og sklir utover i kurven. Dersom det ikke hadde kommet bil imot, hadde kollisjon vært unngått, men det kunne endt i en utforkjøringsulykke der enslig kjøretøy kjørte utfor på venstre side i høyrekurve.

Det ble forsøkt å finne sammenhenger mellom skadegrad og feil veg-geometri i forhold til funnene i analysene. Skadegrad på rettlinjer og i kurver viser at det er flere personskader i og alvorligere skadegrad i de ulykkene som skjer i kurver. Dette ble som forventet, ettersom ulykkesfrekvens er størst i kurver.

Skadegrad per type tverrfall viste at ganske mange av personskadene skjer ved for lite tverrfall, men de fleste personskader skjer ved akseptabelt tverrfall. Det finnes en sammenheng mellom "for lite tverrfall" og ulykker ettersom for lite tverrfall var tverrfallstypen med størst ulykkesfrekvens. Man skulle trodd akseptabelt tverrfall ikke medførte mange ulykker med personskader, men man har likevel flest personskader ved denne tverrfallstypen. Dette kan ha årsak i at det er store andeler akseptabelt tverrfall og tverrfallsavvik 0-1 % (hvor 94 prosent er akseptabelt tverrfall) på de betraktede strekningene. Dette kan også være tegn på at det finnes andre årsaker som kan ha medvirket til ulykken enn forhold ved vegen.

Ved analyse av for liten og tilstrekkelig horisontalradius finnes ingen stor sammenheng med skadegrad. Sammenhengen er mer tydelig når man ser på skadegrad per avvik i kurveradius

ved for liten radius. Ved gjennomsnittsfart ( $V$ ) hadde man flest personskader ved radiusavvik 0-25 meter, mens man ved 85%-fraktil fart hadde man flest personskader ved radiusavvik på 50-75 meter. Dette var også de avvikintervallene med størst ulykkesfrekvens.

De slake kurvene ble i oppgaven funnet å ha høyere ulykkesfrekvens enn rettlinjer, noe som ikke stemte med teorien. Man ser derimot at andel personskader med drepte og hardt skadde er minst ved de slake kurvene. Dette kan tolkes ved at det skjer oftere ulykker i slake kurver, men ikke så alvorlige som på rettstrekninger.

## **Oppsummering**

Høy ulykkesfrekvens i krappe kurver kan skyldes et vegnett som har for dårlig standard i forhold til dagens utformingskrav. Man må tenke bærekraftig når man prosjekterer veg, ettersom utbedring er en kostbar affære.

Ettersom usikkerheten i de minste kurvradiusene er stor, kan grafisk fremstilling av ulykkesfrekvens i kurver variere etter hvilken funksjon som benyttes. Man får best korrelasjon om man fjerner kurveradius verdier under 30 meter. I normal ulykkesfrekvens ser usikkerheten ut til å bli tatt hensyn til.

Slake kurver ble regnet som mer trafikksikre enn rettlinjer i litteraturen, men i denne oppgaven har rettlinjer lavere ulykkesfrekvens enn slake kurver over 1000 meter. Dette skyldes trolig at NVDB definerer alle kurveradius over 2000 meter som rettlinjer.

Vedlikeholds kravet til tverrfall er dårlig tilpasset de nyere tverrfalls kravene på nasjonale hovedveger, noe som fører til at tverrfall som burde vært akseptabelt blir angitt som for mye tverrfall.

Den høye ulykkesfrekvensen ved for lite tverrfall kan skyldes redusert sidefriskjon og ueffektiv avrenning som gir dårligere veggrep. For lite tverrfall har størst andel ved krappe kurvatur der det er mindre aksept for tverrfallsavvik. Relativt høy ulykkesfrekvens på vegger med akseptabelt tverrfall kan skyldes andre faktorer, ettersom vegforhold ofte bare er medvirkende årsak.

Ulykkesfrekvens er størst i tverrfallsavviket 3-9 %, og kan skyldes den store forekomsten av for lite tverrfall, som er forbundet med størst ulykkesfrekvens. Stor andel tverrfall som ligger feil veg kan være årsaken til at man får en nedgang i ulykkesfrekvens ved avvik større enn 9 %, ettersom tverrfallstypen har lav ulykkesfrekvens.

I en tidligere studentoppgave ble det funnet at sammenheng mellom tverrfallsavvik og ulykkesfrekvens var størst ved møteulykker, i denne oppgaven er sammenhengen størst ved

utforkjøringsulykker. Dette kan skyldes at det er flere møteulykker på E6 enn de andre strekningene pga. høy ÅDT og større andel tunge kjøretøy.

Man har relativt mange ulykker i forhold til lengde på strekninger med for liten kurveradius. Dette kan være en mulig årsak til at man har så høy ulykkesfrekvens ved for liten kurveradius. Små avvik i horisontalradius gir størst ulykkesfrekvens, og kan skyldes at bilførere ofte er mer oppmerksom og forsiktige ved kjøring gjennom krappe kurver.

Fartsgrenser er en hårfin balanse mellom god fremkommelighet og trafiksikkerhet. Fart og geometri henger tett sammen, og bør vurderes helhetlig. Fartsnivå i ulykken kan være vanskelig å konstatere med sikkerhet, ettersom fartsnivå i ulykkene blir estimert etter fartsberegningsmodeller, som kun er en forenkling.

I analysen manglet nesten halvparten av personskadene informasjon om skadegrad, som er tegn på ufullstendig ulykkesrapportering. Dersom man hadde inkludert flere ulykker eller andre ulykkestyper i analysen kunne man fått et bedre grunnlag for vurdering av skadegrad.

Skadegrad per type tverrfall viste at ganske mange av personskadene skjer ved for lite tverrfall, som er forbundet med høy ulykkesfrekvens. Sammenhengen mellom skadegrad og for liten eller tilstrekkelig horisontalradius kommer frem når man ser på skadegrad per avvik i kurveradius ved for liten radius. Beregnet fart har da flest personskader i de avviksintervallene som hadde størst ulykkesfrekvens.

De slake kurvene hadde større ulykkesfrekvens enn rettlinjer, men derimot mindre andel drepte og hardt skadde.

## 7 Konklusjon og anbefalinger

Ulykkesfrekvens øker når radius i en horisontalkurve reduseres, økningen er særlig stor i krappe kurver med radius under 50 meter. Ulykkesfrekvens i disse krappe kurvene inneholder derimot størst usikkerhet, ettersom ulykkesfrekvens varierer mye i dette området.

Rettlinjet veg hadde lavere ulykkesfrekvens enn kurver. De slake kurvene hadde større ulykkesfrekvens enn rettlinjer, men hadde færrest personskader med drepte og hardt skadde.

Det ble funnet stor sammenheng mellom ulykkesrisiko og vegstrekninger som hadde for lite tverrfall. Selv om sammenhengen ikke var så stor ble det funnet at ulykkesfrekvens var større på strekninger som hadde tverrfallsfeil (uakseptabelt tverrfall) enn ved tverrfall som var akseptabelt i forhold til vedlikeholds kravene.

Det var dårlig sammenheng mellom tverrfallsavvik og ulykkesfrekvens. Ulykkesfrekvens var høyest ved tverrfallsavvik 5-7 % fra kravet, der andel for lite tverrfall var stor. Ettersom tverrfall med for lite tverrfall medfører større risiko for en ulykke enn andre tverrfallstyper, ble det derfor funnet en indirekte sammenheng mellom tverrfallsavvik og ulykkesfrekvens.

Det ble også funnet sammenhenger ved studie av fart og horisontalkurvatur på strekninger som hadde fartsgrense 80 km/t. Kurvene som hadde for liten radius i forhold til minste dimensjonerende horisontalradius ut fra beregnet fartsnivå, hadde større ulykkesfrekvens enn kurvene som oppfylte minimumskravet. Det er størst ulykkesfrekvens i kurver med små avvik i radius.

Ved analyse av ulykker, personskade og skadegrad bør man alltid ta hensyn til underrapportering.

Det anbefales å foreta en samfunnsøkonomisk analyse for å vurdere kost og nytte ved å rette ut kurver eller rette opp tverrfall på de strekningene som har uakseptabelt tverrfall eller for liten kurveradius. Det bør deretter settes opp en prioriteringsliste slik at de trafiksikkerhetstiltakene som gir best effekt blir gjennomført først.





## 8 Videre arbeid

Til mer man kom inn i dybden av oppgaven, jo flere spørsmål og interessante problemstillinger dukket opp.

Det hadde vært interessant å utført statistiske tester på funnene, for å se om sammenhengene mellom veg-geometri, fart og ulykker var signifikant eller ikke. For å kunne gjennomføre en statistisk analyse bør man gå gjennom vegnettet og slå sammen homogene vegseksjoner til lengre seksjoner, ellers kan man få problemer med den statistiske analysen ettersom det har skjedd ulykker på kun ca. 0,2 % av 20 meters strekningene som blir benyttet i analysen. Dette er en tidskrevende prosess som det ikke er blitt funnet tid til i denne oppgaven.

Det hadde vært til stor hjelp å visst nøyaktig punkt hvor årsaken til ulykken inntraff, slik at spormålingene som ble sjekket opp var de mest korrekte å bruke. En møteulykke er enklere å stedfeste enn en utforkjøringsulykke, som kan ha utviklet seg i god avstand fra rapportert ulykkessted. Å kunne utviklet en ulykkesmodell med beregnet avstand mellom ulykkespunkt og årsakspunkt etter fart, ulykkestype, bremselengde, kurveradius og lignende kunne vært nyttig i videre analyser.

Tverrfallsavvik over 9 % består hovedsakelig av tverrfall som ligger feil veg. Det er vanskelig å begrunne hvorfor et tverrfall med så stort avvik hadde lavere ulykkesfrekvens enn tverrfallsavvik mellom 0-3 % som er mest forbundet med akseptabelt tverrfall. For å finne ut av dette, burde strekningene hvor tverrfallet ligger feil veg undersøkes nærmere.

Dersom man får fartsnivå-måling på vegstrekninger kan man med sannsynlig med større presisjon anslå sammenhengen mellom fart, veg-geometri og trafikkulykker. Det blir flere og flere fartsmålestasjoner i Norge, og disse vil være verdifulle databaser for videre forskning innen lignende tema.

Ettersom spormålinger på vegnettet er relativt nytt og hyppighet på spormålinger har økt de siste årene, kan det være lettere å finne sammenhenger mellom ulykker og veg-geometri de kommende årene ettersom datagrunnlaget blir mer nøyaktige. Man kan i videre analysering se bort fra eldre ulykker som har skjedd på strekninger som det ikke har blitt gjennomført spormålinger på det samme året. Forskning på vegtilstanden er viktig for å utvikle mer slitesterke vegoverbygning og asfaltdekke med tanke på feil tverrfall, ujevnheter, hjulspor og sprekker.



## 9 Referanser

Bogdashova, N. (2012). En studie av sammenhengen mellom horisontalkurvatur, tverrfall og trafikkulykker på vegnettet. Trondheim, NTNU.

Brenac, T. (2007). "Safety at Curves and Road Geometry Standards in Some European Countries." Transportation research record **1523**(Volume 1523/1996 Geometric and Other General Design Issues): 99-106.

Høye, A. (2007). "Trafikksikkerheshåndboken." Utbedring av vegers linjeføring og siktforhold. Retrieved 27.01.2015, from <http://tsh.toi.no/index.html?21814>.

Høye, A. (2010). "Trafikksikkerheshåndboken." Retrieved 20.05.2015, from <http://tsh.toi.no/doc695.htm>.

Jonsson, T. (2014). Forelesningsnotat TBA4320 Traffic Safety and Risk Evaluation 28.01.2014. TS-analyses, Department of Civil and Transport Engineering.

Lofthaug, F. (2014). Veg-geometriens betydning for trafikkulykker. Trondheim, NTNU.

Ola Mjaaland, et al. (2014). "De hemmelige ulykkesrapportene." Retrieved 09.05.2015, from <http://www.vg.no/spesial/2014/de-hemmeligholdte-ulykkesrapportene/?cardNum=1>.

Sakshaug, K. and O. Hjelkrem (2009). Linjeføringens betydning for fartsvalg og ulykkes-og skaderisiko på vegstrekninger, SINTEF Teknologi og samfunn.

Statens vegvesen (2007). Håndbok 115 Analyse av ulykkessteder, Vedleggsdel for manuelle beregninger.

Statens vegvesen (2010). Håndbok V830 Nasjonalt vegreferansesystem.

Statens vegvesen (2011). Håndbok V714 Veileder i trafikkdata.

Statens vegvesen (2012). Håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger.

Statens vegvesen (2013). Håndbok N100 Veg og gateutforming.

Statens vegvesen (2013). Håndbok V120 Premisser for geometrisk utforming av vegger.

Statens vegvesen (2014). "Dybdeanalyser av dødsulykker i vegtrafikken 2013." Retrieved 11.05.2015, from [http://www.vegvesen.no/attachment/642214/binary/966644?fast\\_title=Dybdeanalyser+av+d%C3%B8dsulykker+i+vegtrafikken+2013.pdf](http://www.vegvesen.no/attachment/642214/binary/966644?fast_title=Dybdeanalyser+av+d%C3%B8dsulykker+i+vegtrafikken+2013.pdf).

Statens vegvesen (2014). Håndbok N200 Vegbygging.

Statens vegvesen (2015). "152 omkom i 2014-trafikken." Retrieved 11.05.2015, from <http://www.vegvesen.no/Om+Statens+vegvesen/Presse/Nyheter/Nasjonalt/152-omkom-i-trafikken--754923>.

Statens vegvesen (2015, 12.01.2015). "Dybdeanalyser av dødsulykker-UAG." Retrieved 26.01.2015, from <http://www.vegvesen.no/Fag/Fokusomrader/Trafikksikkerhet/Ulykkesdata/Analyse+av+dodsulykker+UAG>.

Statens vegvesen (2015). "NVDB Datakatalog versjon 2.02." Retrieved 12.05.2015, from <http://tfprod1.sintef.no/datakatalog/>.

Statens vegvesen, et al. (2014). "Nasjonal tiltaksplan for trafikksikkerhet på veg 2014-2017." Retrieved 20.03.2015, from [http://www.vegvesen.no/attachment/598739/binary/949929?fast\\_title=Nasjonal+tiltaksplan+for+trafikksikkerhet+2014-17.pdf](http://www.vegvesen.no/attachment/598739/binary/949929?fast_title=Nasjonal+tiltaksplan+for+trafikksikkerhet+2014-17.pdf).

TØI (2012). Trafikksikkerhetshåndboken.

Tørset, T., et al. (2011). Fartsmodell for næringslivets transporter. Datagrunnlag og dokumentasjon av modell., SINTEF Teknologi og samfunn.

## Vedlegg

VEDLEGG 1: OPPGAVETEKST .....	
VEDLEGG 2: DATAUTTAK FRA NVDB DATAKATALOG.....	
VEDLEGG 3: ARBEIDSPROCESS I FME .....	
VEDLEGG 4: UHELLSKODER.....	
VEDLEGG 5: LENGDER OG ANDELER .....	
VEDLEGG 6: BEREGNING AV ULYKKEFREKVENS .....	
VEDLEGG 7: RELATIV ULYKKEFREKVENS .....	
VEDLEGG 8: FORDELING ETTER HORIZONTALRADIUS.....	
VEDLEGG 9: FORDELING ETTER SKADEGRAD .....	

**Vedlegg 1 Oppgavetekst****MASTEROPPGAVE**

(TBA4940 Veg, masteroppgave)

VÅREN 2015

for

**Jenny Mordal Nerbøvik****En studie av sammenhengen mellom veg-geometri, fart og trafikkulykker****BAKGRUNN**

Vegen og vegmiljøet kan medvirke til at farlige hendelser utvikler seg til mer alvorlige ulykker. I perioden 2005-2011 kunne en fjerdedel av dødsulykkene skyldes vegforhold, og nesten halvparten av dødsulykkene i 2013 skyldes for høy fart. Møteulykker og utforkjøringsulykker er av de hyppigste ulykkestypene med drepte og hardt skadde. Med bakgrunn i nullvisjonen med ingen drepte eller hardt skadde i vegtrafikken, vil regjeringen prioritere trafiksikkerhetstiltak på vegnettet i større grad enn før for å redusere ulykkestypene med størst skadeomfang. Det norske vegnettet oppfyller ikke alltid dagens krav til utforming. Mange av de eksisterende vegene er bygd etter gamle krav, samtidig som det er mye kurvatur i et krevende norsk terreng. Kurvene er ofte krappere enn minste dimensjonerende radius og fartsnivået kan bli for høyt. Det er behov for forskning på veg-geometri og fart for å avdekke feil og mangler som bidrar til økt ulykkesrisiko på vegene.

**OPPGAVE****Beskrivelse av oppgaven**

I denne oppgaven skal ulykkesfrekvens undersøkes i forhold til veg-geometriske forhold og fart på utvalgte vegstrekninger. De veg-geometriske forholdene som blir mest lagt vekt på i denne oppgaven er horisontalkurvatur og tverrfall. Disse geometriske faktorene skal også ses i sammenheng med annen veg-geometri som kan medvirke til trafikkulykker. Fartsgrense (og fartsnivå dersom mulig) skal også undersøkes, og skal sammen med tilhørende veg-geometri vurderes i forhold til sammenheng med ulykker på strekningene. For å best mulig kunne vurdere sammenheng mellom ulykker, fart og veg-geometri skal vegstrekningene som analyseres være av samme karakter, der vegbredde og kjørefeltbredde er omtrentlig lik.

**Målsetting og hensikt**

Målet med denne oppgaven er å finne sammenhenger mellom veg-geometri, fart og trafikkulykker ved å studere om fartsnivå og feil i veg-geometri påvirker antall ulykker.

**Deloppgaver og forskningsspørsmål**

Kandidaten skal i oppgaven:

- Gjennomgå benyttede metoder, teoretisk bakgrunn og presentere relevant litteratur
- Samle og vurdere nødvendig datagrunnlag (ulykkesdata og vegdata)
- Bearbeide og analysere data slik at de fremstilles på en måte der det er mulig å vurdere om det finnes en sammenheng mellom trafikkulykker, fart og veg-geometri
- Diskutere resultatene av analysen og vurdere mulige feilkilder i datagrunnlaget
- Om mulig, trekke konklusjoner basert på analysene og komme med anbefalinger
- Peke på videre arbeid som kunne blitt gjort i forbindelse med oppgaven

**Forskningsspørsmål i oppgaven:**

- Finnes det en sammenheng mellom veg-geometri, fart og trafikkulykker?

## 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 siden <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>)
- sammendrag på norsk og engelsk (studenter som skriver sin masteroppgave på et ikke-skandinaviske språk og som ikke behersker et skandinaviske 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 <http://www.ntnu.no/bat/studier/oppgaver>.

### 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.

Ved innlevering av oppgaven skal kandidaten levere en CD med besvarelsen i digital form i pdf- og word-versjon med underliggende materiale (for eksempel datainnsamling) i digital form (f. eks. excel). Videre skal kandidaten levere innleveringsskjemaet (fra DAIM) hvor både Ark-Bibl i SBI og Fellestjenester (Byggsikring) i SB II har signert på skjemaet. Innleveringsskjema med de aktuelle signaturer 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 <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank> for avtaleskjema.

**Helse, miljø og sikkerhet (HMS):**

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

Dersom studenten i arbeidet med masteroppgaven skal delta i feltarbeid, tokt, befaring, feltkurs eller ekskursjoner, 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/ivt/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 [sonja.hammer@ntnu.no](mailto:sonja.hammer@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:** Professor Thomas Jonsson

**Veileder(eller kontaktperson) hos ekstern samarbeidspartner:** Mindor Alvestad, Asplan Viak

Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU

Dato: 10.06.2015

Underskrift



Faglærer

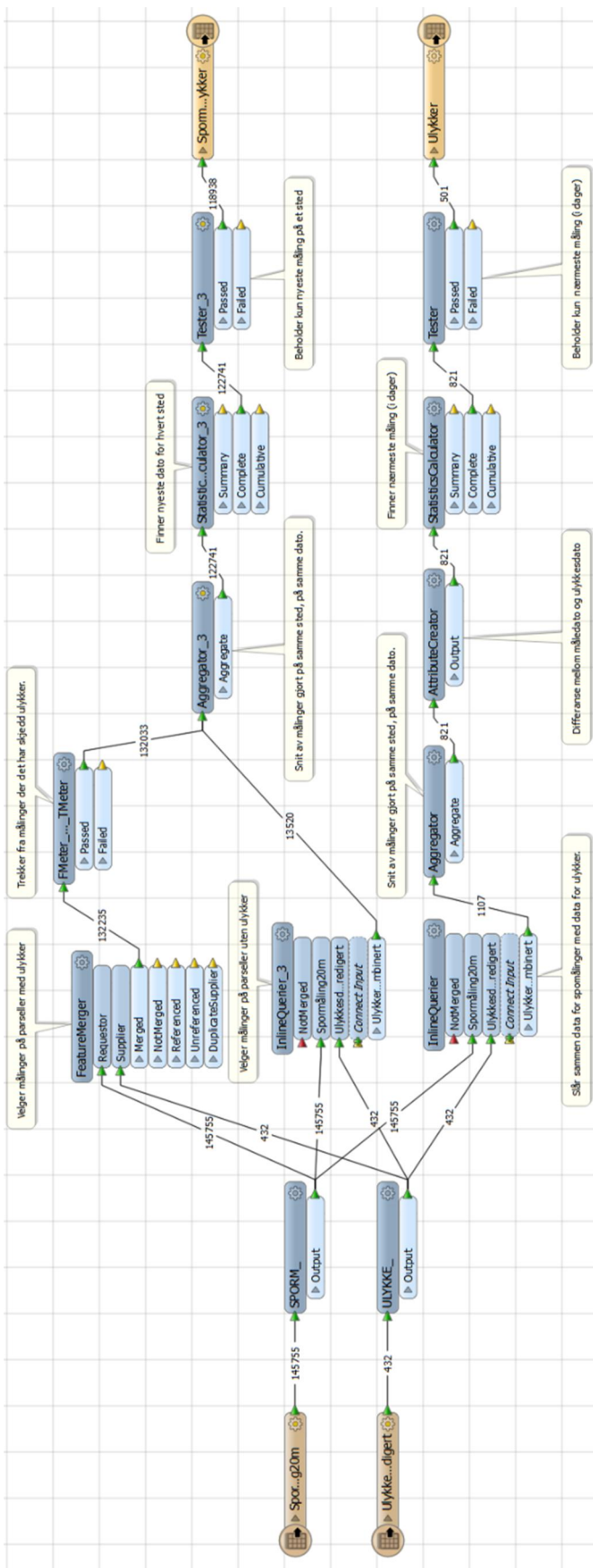


## Vedlegg 2 Datauttak fra NVDB datakatalog

Vegobjekttype kategori	Vegobjekttype	Egenskapstype	Tillatte verdier
Trafikk- Analyse	Trafikkmengde	ÅDT, total	
Vegsystem	Kurvatur, horisontalelement	Type	Rettlinje Sirkelbue Klotoide
		Utgår_Radius, slutt Radius Klotoideparameter Beregningsinfo Geometri, linje	
Måling - Spo/bredde/høyde mm	Spormåling (avleda pr 20 m)	Måledato Spordybde Tverrfall spormåling Horisontalradius, spormåling Kjørefeltbredde	
Ulykker-Hendelser	Ulykkesinvolvert enhet	Kjøreretning	Med metreringsretning Mot metreringsretning
		Trafikkulykke	
		Ulykkesdato	
		Kilde for ulykken	Gammel straks Straks 2.0 SSB SSB, skjema 1 Ureg via SSB Ureg, manuelt Sykehusulykke Forsikringsulykke
		Registrering status	Ikke ferdigregistrert Ferdigregistrert
		Uhellkategori	Bilulykke
		Uhellskode	Møting på rett vegstrekning Møting i kurve Enslig kjøretøy kjørte utfor på høyre side på rett vegstrekning Enslig kjøretøy kjørte utfor på venstre side på rett vegstrekning Enslig kjøretøy kjørte utfor på venstre side i høyrekurve Enslig kjøretøy kjørte utfor på høyre side i høyrekurve Enslig kjøretøy kjørte utfor på høyre side i venstrekurve Enslig kjøretøy kjørte utfor på venstre side i venstrekurve
		Alternativ uhellskode	
		Beskrivelse	
		Stedsbeskrivelse	
		Antall enheter	
		Antall drepte i ulykken	
		Antall meget alvorlig skadet	
		Antall alvorlig skadet	
		Antall lettere skadet	
		Oppgitt antall skadde	
		Vegtype	
		Stedsforhold	Vegstrekning utenfor kryss/avkjørsel
		Midtdeier	Ja Nei
		Førerforhold	
		Værforhold	
		Lysforhold	
		Feltype	Vanlig kjørefelt
		Antall kjørefelt	2
		Bebyggelse	Utenfor tettbebyggelse
		Vegbredde	
		Fartsgrense	
		Ok SSB	Ja Nei
		Fylkesnummer	5 15 16
		Historisk vegstatus	
		Historisk vegkategori	
		Historisk vegnummer	
		Historisk hp	
	Historisk kilometerverdi		
	Vegnavn		
	Stedsfestingens nøyaktighet	Nøyaktig Tilnærmet	

Dette er en egenprodusert oversikt over innhentet data fra NVDB datakatalog versjon 2.02. Datakatalogen kan hentes fra: <http://tfprod1.sintef.no/datakatalog/>

# Vedlegg 3 Arbeidsprosess i FME



# Vedlegg 4 Uhellskoder

0197-05 grafisk.serie@vegvesen.no

Type	Uhell	Uhellskoder
Samme kjøreretning	Uhell mellom kjøretøy med samme kjøreretning	10-19
	Uhell ved møting	20-29
Motsatt kjøreretning	Uhell ved anvisning fra samme kjøreretning	30-39
	Uhell ved anvisning fra motsatt kjøreretning	40-49
Kryssende kjøreretning	Uhell ved kryssende kjøreretninger uten at noen kjøretøy foretar avsvingning	50-59
	Uhell ved kryssende kjøreretninger hvor ett eller begge kjøretøy foretar avsvingning	60-69
Fotgjenger/akende	Uhell hvor fotgjenger krysser kjørebånen	70-79
	Uhell hvor fotgjenger gikk langs eller oppholdt seg i kjørebånen	80-89
Utforkjøring	Uhell hvor enlig kjøretøy kjørte utfor vegen	90-99
	Andre uhell	00-09

Uhellskode	Beskrivelse	Illustrasjon
00	Uhell med øyr innbladet	
01	Påkjøring av fast gjenstand på kjørebånen	
02	Hull i vegen og liknende	
03	Enlig kjøretøy vettet i kjørebånen	
04	Påkjøring av parkert kjøretøy på høyre side	
05	Påkjøring av parkert kjøretøy på venstre side	
06	Påkjøring av parkert kjøretøy ved forløyning	
07	Øvrige parkeringsuhell	
08	Uhell ved av eller påsvingning av kjøretøy	
09	Uhell med uklart forlop og uhell som ikke faller inn under noen bestemt utelukkelse	
10	Forløyning	
11	Slutte av felt til venstre	
12	Slutte av felt til høyre	
13	Kjøring i parallelle kjørefelt forover	
14	Påkjøring bakfra	
15	Oppstartning fra stanset eller parkert stilling	
16	Påkjøring av forankjørende ved støtte av felt til høyre	
17	Påkjøring av forankjørende ved støtte av felt til høyre	
19	Uhell med uklart forlop mellom kjøretøy med samme kjøreretning	
20	Møting på rett vegstrøking	
21	Møting i kurve	
22	Møting under forløyning på rett vegstrøking	
23	Møting under forløyning i høyrekurve	
24	Møting under forløyning i venstre kurve	
25	Møting under forløyning i motsatt retning	
26	Oppstartning fra stanset eller parkert stilling	
29	Uhell med uklart forlop ved møting	
30	Påkjøring bakfra	
31	Påkjøring for øving ved høyresving	
32	Påkjøring bakfra ved venstresving	
33	Påkjøring forover ved venstresving	
34	Påkjøring ved vending foran kjørende i samme retning	
35	Påkjøring av kjørende fra fortau eller GS-veg ved høyresving	
36	Oppstartning fra stanset eller parkert stilling	
39	Uhell med uklart forlop ved avsvingning fra samme kjøreretning	
40	Verstresving foran kjørende i motsatt retning	
41	Anvisning i samme retning	
42	Avsvingning i hver sin retning	
44	Høyresving foran kjørende i motsatt retning fra fortau eller GS-veg	
45	Verstresving foran kjørende i motsatt retning fra fortau eller GS-veg	
49	Uhell med uklart forlop ved avsvingning fra motsatt kjøreretning	
50	Kryssende kjøreretninger	
51	Forløyning på venstre side i kryss eller avkjørsle	
52	Forløyning på høyre side i kryss eller avkjørsle	
53	Kjørende fra fortau eller GS-veg krysser kjørebånen på bordsiden av krysset	
54	Kjørende fra fortau eller GS-veg krysser kjørebånen i motretning av krysset	
55	Kjørende fra fortau eller GS-veg krysser kjørebånen i motsatt retning	
59	Uhell med uklart forlop ved kryssende kjøreretninger uten at noen kjøretøy foretar avsvingning	
60	Høyresving foran kjørende i samme retning	
61	Høyresving foran kjørende i motsatt retning	
62	Høyresving foran venstresvingende kjøretøy	
63	Verstresving foran kjørende i samme retning	
64	Verstresving foran kjørende i motsatt retning	
65	Samtidig venstresving	
66	Samtidig høyresving	
69	Uhell med uklart forlop ved kryssende kjøreretninger hvor ett eller begge kjøretøy foretar avsvingning	
70	Fotgjenger gikk på bordsiden av krysset	
71	Fotgjenger gikk på vegens venstre side	
72	Fotgjenger gikk på vegens høyre side	
73	Fotgjenger på kjørt under forløyning	
74	Fotgjenger sto stille eller oppholdt seg forover i kjørebånen	
75	Fotgjenger gikk langs vegen og ble påkjørt av ryggende kjøretøy	
76	Fotgjenger gikk langs vegen og ble påkjørt av ryggende kjøretøy	
77	Fotgjenger gikk langs vegen og ble påkjørt av ryggende kjøretøy	
78	Fotgjenger gikk langs vegen og ble påkjørt av ryggende kjøretøy	
79	Uhell med uklart forlop hvor fotgjenger krysser kjørebånen	
80	Fotgjenger gikk på vegens høyre side	
81	Fotgjenger gikk på vegens venstre side	
82	Fotgjenger gikk på vegens høyre side	
83	Fotgjenger gikk på vegens venstre side	
84	Fotgjenger gikk på vegens høyre side	
85	Fotgjenger gikk på vegens venstre side	
86	Fotgjenger gikk på vegens høyre side	
88	Uhell med uklart forlop hvor fotgjenger krysser kjørebånen	
89	Uhell med uklart forlop hvor fotgjenger gikk langs eller oppholdt seg i kjørebånen	
90	Enlig kjøretøy kjørte utfor vegen	
91	Enlig kjøretøy kjørte utfor vegen	
92	Enlig kjøretøy kjørte utfor vegen	
93	Enlig kjøretøy kjørte utfor vegen	
94	Enlig kjøretøy kjørte utfor vegen	
95	Enlig kjøretøy kjørte utfor vegen	
96	Enlig kjøretøy kjørte utfor vegen	
97	Enlig kjøretøy kjørte utfor vegen	
98	Enlig kjøretøy kjørte utfor vegen	
99	Uhell med uklart forlop hvor enlig kjøretøy kjørte utfor vegen	

Oversikt over alle uhellskoder kan hentes fra: ([http://www.vegvesen.no/ attachment/62286](http://www.vegvesen.no/attachment/62286))

## Vedlegg 5 Lengder og andeler

Sammenheng mellom type tverrfall og tverrfallsavvik:

Tverrfallsavvik	Lengder					Andeler				
	For mye	For lite	Feil veg	Akseptabelt	SUM	For mye	For lite	Feil veg	Akseptabelt	SUM
0-1 %	41291	0	0	673703	714994	5,8 %	0,0 %	0,0 %	94,2 %	100 %
1-3 %	154931	171155	0	485787	811873	19,1 %	21,1 %	0,0 %	59,8 %	100 %
3-5 %	33239	161755	106005	104380	405379	8,2 %	39,9 %	26,1 %	25,7 %	100 %
5-7 %	2417	131306	97930	120	231773	1,0 %	56,7 %	42,3 %	0,1 %	100 %
7-9 %	465	30034	56863	0	87362	0,5 %	34,4 %	65,1 %	0,0 %	100 %
>9 %	726	0	56563	0	57289	1,3 %	0,0 %	98,7 %	0,0 %	100 %
<b>Totalsum</b>	<b>233069</b>	<b>494250</b>	<b>317361</b>	<b>1263990</b>	<b>2308670</b>					

Type tverrfall:

Type tverrfall	Lengde (m)	Lengde med U (m)	Lende uten U (m)	Andel total	Andel med U	Andel uten U
For mye	233069	739	232330	10,1 %	8,8 %	10,1 %
For lite	494250	2397	491853	21,4 %	28,6 %	21,4 %
Feil veg	317361	1099	316262	13,7 %	13,1 %	13,7 %
Akseptabelt	1263990	4156	1259834	54,7 %	49,5 %	54,8 %
<b>Totalsum</b>	<b>2308670</b>	<b>8391</b>	<b>2300279</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>

Type tverrfall	Lengde (m)	Lengde med U (m)	Lende uten U (m)	Andel total	Andel med U	Andel uten U
Uakseptabelt	1044680	4235	1040445	45,3 %	50,5 %	45,2 %
Akseptabelt	1263990	4156	1259834	54,7 %	49,5 %	54,8 %
<b>Totalsum</b>	<b>2308670</b>	<b>8391</b>	<b>2300279</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>

Tverrfallsavvik:

Tverrfallsavvik	Lengde (m)	Lengde med U (m)	Lende uten U (m)	Andel total	Andel med U	Andel uten U
0-1 %	714994	2399	712595	31,0 %	28,6 %	31,0 %
1-3 %	811873	2695	809178	35,2 %	32,1 %	35,2 %
3-5 %	405379	1600	403779	17,6 %	19,1 %	17,6 %
5-7 %	231773	1084	230689	10,0 %	12,9 %	10,0 %
7-9 %	87362	393	86969	3,8 %	4,7 %	3,8 %
>9 %	57289	220	57069	2,5 %	2,6 %	2,5 %
<b>Totalsum</b>	<b>2308670</b>	<b>8391</b>	<b>2300279</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>

Minimumsradius og fartsnivå:

Beregnet gj.snittsfart (V)	Lengde (m)	Lengde med U (m)	Lende uten U (m)	Andel total	Andel med U	Andel uten U
For liten kurveradius	20635	520	20115	1,9 %	0,05 %	1,8 %
Tilstrekkelig kurveradius	1085445	4673	1080772	98,1 %	0,4 %	97,7 %
<b>Totalt</b>	<b>1106080</b>	<b>5193</b>	<b>1100887</b>	<b>100 %</b>	<b>0,5 %</b>	<b>99,5 %</b>

Beregnet 85%-frakti (V85)	Lengde (m)	Lengde med U (m)	Lende uten U (m)	Andel total	Andel med U	Andel uten U
For liten kurveradius	44611	741	43870	4,0 %	0,1 %	4,0 %
Tilstrekkelig kurveradius	1061469	4452	1057017	96,0 %	0,4 %	95,6 %
<b>Totalt</b>	<b>1106080</b>	<b>5193</b>	<b>1100887</b>	<b>100 %</b>	<b>0,5 %</b>	<b>99,5 %</b>

## Avvik i horisontal kurveradius:

Avvik kurveradius ved beregnet V	Lengde (m)	Lengde med U (m)	Lende uten U (m)	Andel total	Andel med U	Andel uten U
0-25	9244	260	8984	44,8 %	1,3 %	43,5 %
25-50	5988	200	5788	29,0 %	1,0 %	28,0 %
50-75	2758	60	2698	13,4 %	0,3 %	13,1 %
75-100	1139	0	1139	5,5 %	0,0 %	5,5 %
100-125	1055	0	1055	5,1 %	0,0 %	5,1 %
125-150	411	0	411	2,0 %	0,0 %	2,0 %
150-175	40	0	40	0,2 %	0,0 %	0,2 %
<b>Totalsum</b>	<b>20635</b>	<b>520</b>	<b>20115</b>	<b>100 %</b>	<b>2,5 %</b>	<b>97,5 %</b>

Avvik kurveradius ved beregnet V85	Lengde (m)	Lengde med U (m)	Lende uten U (m)	Andel total	Andel med U	Andel uten U
0-25	14479	160	14319	32,5 %	0,4 %	32,1 %
25-50	12198	141	12057	27,3 %	0,3 %	27,0 %
50-75	8551	300	8251	19,2 %	0,7 %	18,5 %
75-100	4235	80	4155	9,5 %	0,2 %	9,3 %
100-125	2224	60	2164	5,0 %	0,1 %	4,9 %
125-150	1118	0	1118	2,5 %	0,0 %	2,5 %
150-175	1017	0	1017	2,3 %	0,0 %	2,3 %
175-200	489	0	489	1,1 %	0,0 %	1,1 %
200-225	280	0	280	0,6 %	0,0 %	0,6 %
225-250	20	0	20	0,0 %	0,0 %	0,0 %
<b>Totalsum</b>	<b>44611</b>	<b>741</b>	<b>43870</b>	<b>100 %</b>	<b>1,7 %</b>	<b>98,3 %</b>

## Kurver og rettlinj:

Radius	Lengde (m)	Andel (%)
0-10	574	0,02 %
10-20	461	0,02 %
20-30	881	0,04 %
30-40	945	0,04 %
40-50	1161	0,05 %
50-100	12110	0,52 %
100-150	25696	1,11 %
150-200	39042	1,69 %
200-250	51380	2,23 %
250-300	59219	2,57 %
300-350	61723	2,67 %
350-400	62800	2,72 %
400-450	65184	2,82 %
450-500	64208	2,78 %
500-550	60550	2,62 %
550-600	54929	2,38 %
600-650	48960	2,12 %
650-700	42722	1,85 %
700-750	39485	1,71 %
750-800	37809	1,64 %
800-850	35563	1,54 %
850-900	33063	1,43 %
900-950	31556	1,37 %
950-1000	32391	1,40 %
>1000	485447	21,03 %
Rettlinje	960811	41,62 %
<b>SUM</b>	<b>2308670</b>	<b>100 %</b>

Radius	Lengde (m)	Andel
0-50	3898	0,17 %
50-100	11845	0,51 %
100-150	25524	1,11 %
150-200	38536	1,67 %
200-250	51178	2,22 %
250-300	59058	2,56 %
300-350	62188	2,69 %
350-400	62682	2,72 %
400-450	65248	2,83 %
450-500	64029	2,77 %
500-550	60667	2,63 %
550-600	54989	2,38 %
600-650	49065	2,13 %
650-700	42979	1,86 %
700-750	39306	1,70 %
750-800	37968	1,64 %
800-850	35540	1,54 %
850-900	33165	1,44 %
900-950	31536	1,37 %
950-1000	32331	1,40 %
>1000	486127	21,06 %
Rettlinje	960811	41,62 %
<b>SUM</b>	<b>2308670</b>	<b>100 %</b>

Element	Lengde (m)	Lengde med U (m)	Lende uten U (m)	Andel total	Andel med U	Andel uten U
Kurve	1347859	5634	1342225	58,4 %	0,2 %	58,1 %
Rettlinje	960811	2757	958054	41,6 %	0,1 %	41,5 %
<b>SUM</b>	<b>2308670</b>	<b>8391</b>	<b>2300279</b>	<b>100 %</b>	<b>0,4 %</b>	<b>99,6 %</b>

## Vedlegg 6 Beregning av ulykkesfrekvens

Ulykkesfrekvens i kurver og på rettlinjer ved møteulykker og utforkjøringsulykker:

Møteulykker				Utforkjøringsulykker			
Radius	Uobs	Trafikkarbeid	Uf	Radius	Uobs	Trafikkarbeid	Uf
0-10	1	3394	0,08073	0-10	0	3203	0,00000
10-20	0	3429	0,00000	10-20	0	3429	0,00000
20-30	0	7620	0,00000	20-30	0	7620	0,00000
30-40	1	6945	0,03945	30-40	0	6890	0,00000
40-50	1	11442	0,02394	40-50	1	11442	0,02394
50-100	4	72595	0,01510	50-100	5	72901	0,01879
100-150	9	119654	0,02061	100-150	8	119601	0,01833
150-200	4	171305	0,00640	150-200	9	171506	0,01438
200-250	9	193716	0,01273	200-250	13	193532	0,01840
250-300	4	216276	0,00507	250-300	13	217122	0,01640
300-350	5	269938	0,00507	300-350	11	270692	0,01113
350-400	3	285640	0,00288	350-400	8	286081	0,00766
400-450	6	299210	0,00549	400-450	10	299165	0,00916
450-500	3	314472	0,00261	450-500	2	314460	0,00174
500-550	2	277807	0,00197	500-550	7	277413	0,00691
550-600	4	249818	0,00439	550-600	7	249580	0,00768
600-650	5	229005	0,00598	600-650	5	228971	0,00598
650-700	5	209751	0,00653	650-700	6	209587	0,00784
700-750	3	195203	0,00421	700-750	5	195261	0,00702
750-800	3	186795	0,00440	800-850	3	182368	0,00451
800-850	2	182338	0,00301	850-900	1	167143	0,00164
850-900	1	167289	0,00164	950-1000	3	177230	0,00464
950-1000	2	177166	0,00309	>1000	62	8179287	0,00208
>1000	24	2752354	0,00239	Rettlinje	99	5414046	0,00501
Rettlinje	39	5408977	0,00198	SUM	280	17604784	
SUM	140	12171770					

Type tverrfall:

Type tverrfall	Uobs	Trafikkarbeid	Uf
For mye	37	1455007	0,007
For lite	120	2289152	0,014
Feil veg	55	1890017	0,008
Akseptabelt	208	6581015	0,009
Totalsum	420	12215190	

Type tverrfall	Uobs	Trafikkarbeid	Uf
Uakseptabelt	212	5634175	0,010
Akseptabelt	208	6581015	0,009
Totalsum	420	12215190	

Tverrfallsavvik:

Møte og utforkjøringsulykker			
Tverrfallsavvik	Uobs	Trafikkarbeid (kjtkm)	Uf
0-1 %	120	3942157	0,008
1-3 %	135	4285252	0,009
3-5 %	80	1924233	0,011
5-7 %	54	1189639	0,012
7-9 %	20	466339	0,012
>9 %	11	401200	0,008
<b>Totalsum</b>	<b>420</b>	<b>12208819</b>	

Møteulykker				Uforkjøringsulykker			
Tverrfallsavvik	Uobs	Trafikkarbeid (kjtkm)	Uf	Tverrfallsavvik	Uobs	Trafikkarbeid (kjt*km)	Uf
0-1 %	35	3933918	0,002	0-1 %	85	3937871	0,006
1-3 %	45	4275312	0,003	1-3 %	90	4279542	0,006
3-5 %	29	1920158	0,004	3-5 %	51	1920637	0,007
5-7 %	18	1186824	0,004	5-7 %	36	1186742	0,008
7-9 %	9	465465	0,005	7-9 %	11	465180	0,006
>9 %	4	400449	0,003	>9 %	7	400765	0,005
<b>Totalsum</b>	<b>140</b>	<b>12182125</b>		<b>Totalsum</b>	<b>280</b>	<b>12190738</b>	

Trafikkarbeid - strekninger med møteulykker		Trafikkarbeid - strekninger med utforkjøringsulykker	
Tverrfallsavvik	Trafikkarbeid (kjtkm)	Tverrfallsavvik	Trafikkarbeid (kjtkm)
0-1 %	4286	0-1 %	8239
1-3 %	5709	1-3 %	9940
3-5 %	3595	3-5 %	4074
5-7 %	2897	5-7 %	2815
7-9 %	1158	7-9 %	874
>9 %	435	>9 %	752
<b>Totalsum</b>	<b>18081</b>	<b>Totalsum</b>	<b>26694</b>

For liten eller tilstrekkelig horisontalradius:

Beregnet gj.snittsfart (V)	Uobs	Trafikkarbeid (kjtkm)	Uf
For liten kurveradius	26	137584	0,052
Tilstrekkelig kurveradius	234	5101198	0,013
<b>Totalsum</b>	<b>260</b>	<b>5238782</b>	

Beregnet 85%-fraktil (V85)	Uobs	Trafikkarbeid (kjtkm)	Uf
For liten kurveradius	37	215463	0,047
Tilstrekkelig kurveradius	223	5023318	0,012
<b>Totalsum</b>	<b>260</b>	<b>5238782</b>	

Avvik horisontalradius:

Avvik kurveradius ved beregnet V (m)	Uobs	Trafikkarbeid (kjtkm)	Uf
0-25	13	28157	0,1265
25-50	10	25795	0,1062
50-75	3	28469	0,0289
75-100	0	19149	0
100-125	0	25179	0
125-150	0	9737	0
150-175	0	1098	0
<b>Totalsum</b>	<b>26</b>	<b>137584</b>	

Avvik kurveradius ved beregnet V85	Uobs	Trafikkarbeid (kjtkm)	Uf
0-25	8	42709	0,0513
25-50	7	36336	0,0528
50-75	15	31029	0,1324
75-100	4	19794	0,0554
100-125	3	24706	0,0333
125-150	0	19772	0
150-175	0	21757	0
175-200	0	12000	0
200-225	0	7210	0
225-250	0	150	0
<b>Totalsum</b>	<b>37</b>	<b>215463</b>	

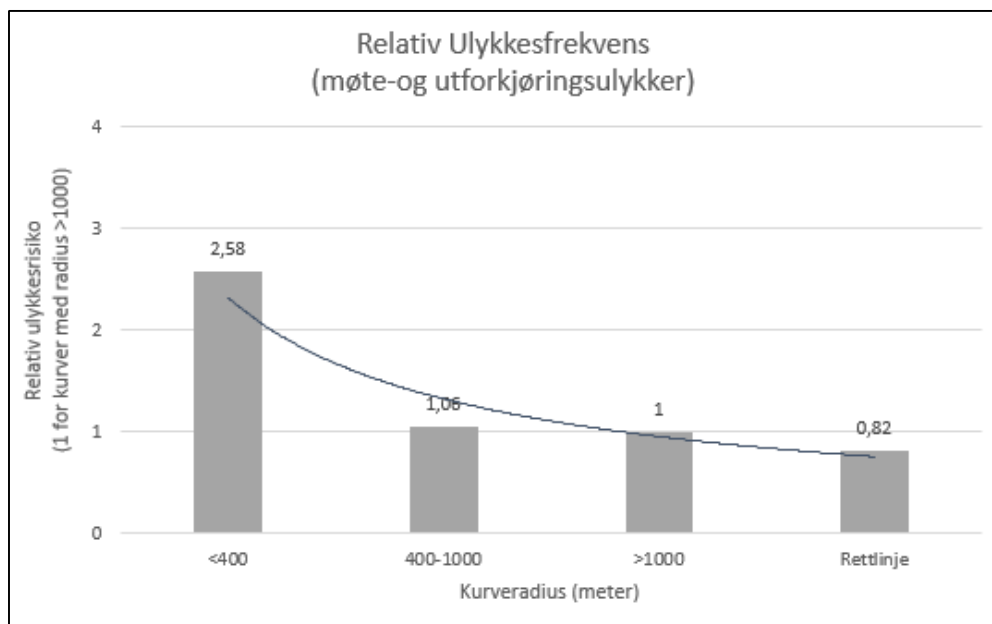


## Vedlegg 7 Relativ ulykkesfrekvens

Tabell som hører til graf på relativ ulykkesfrekvens i resultater:

Radius	Uobs	Trafikkarbeid	Uf	Relativ U
<200	42	393964	0,029	3,44
200-400	67	968166	0,019	2,23
400-600	40	1144596	0,010	1,13
600-1000	47	1510255	0,009	1,003
>1000	86	2772506	0,008	1
Rettlinje	138	5419332	0,007	0,82
SUM	420	12208819		

Oppdeling i krappe, normale, slake kurver og rettlinjer med tilhørende tabell:



Radius	Kurver	Uobs	Trafikkarbeid	Uf	Relativ U
<400	Krappe	109	1362130	0,022	2,58
400-1000	Normale	87	2654851	0,009	1,06
>1000	Slake	86	2772506	0,008	1
Rettlinje	Rettlinjet	138	5419332	0,007	0,82
SUM		420	12208819		

Krappe kurver med radius under 400 m. har 2,58 ganger større ulykkesfrekvens enn slake kurver på over 1000 m. som er referanseverdi. Normale kurver med radius 400-1000 m. hadde en relativ ulykkesfrekvens som var 1,06 ganger større enn for slake kurver. Rettlinjer har relativ ulykkesfrekvens på 0,86, som er mindre enn for de slake kurvene.

## Vedlegg 8 Fordeling etter horisontalradius

Type tverrfall:

Type tverrfall - fordeling horisontal kurveradius - Lengde (m)					
Radius	For mye	For lite	Feil veg	Akseptabelt	SUM
0-50	201	2364	1072	261	3898
50-100	2044	5127	1672	3002	11845
100-150	3654	11610	1650	8610	25524
150-200	2340	19652	2230	14314	38536
200-250	1860	27266	3049	19003	51178
250-300	3076	31550	3313	21119	59058
300-350	2521	34361	3413	21893	62188
350-400	2531	31559	3320	25272	62682
400-450	2723	30084	3984	28457	65248
450-500	3210	27628	4965	28226	64029
500-550	3281	24458	4441	28487	60667
550-600	2701	21142	4901	26245	54989
600-650	2300	17479	4456	24830	49065
650-700	1948	13856	4413	22762	42979
700-750	2622	11134	3732	21818	39306
750-800	3137	9022	3973	21836	37968
800-850	3105	7519	4177	20739	35540
850-900	2419	6534	3891	20321	33165
900-950	2758	5184	3778	19816	31536
950-1000	2866	3683	3853	21929	32331
>1000	73871	58406	103776	250074	486127
Rettlinje	110078	94115	144061	614015	962269
TOTAL	235246	493733	318120	1263029	2310128

Type tverrfall - fordeling horisontal kurveradius - Andel (%)					
Radius	For mye	For lite	Feil veg	Akseptabelt	SUM
0-50	5,2 %	60,6 %	27,5 %	6,7 %	100 %
50-100	17,3 %	43,3 %	14,1 %	25,3 %	100 %
100-150	14,3 %	45,5 %	6,5 %	33,7 %	100 %
150-200	6,1 %	51,0 %	5,8 %	37,1 %	100 %
200-250	3,6 %	53,3 %	6,0 %	37,1 %	100 %
250-300	5,2 %	53,4 %	5,6 %	35,8 %	100 %
300-350	4,1 %	55,3 %	5,5 %	35,2 %	100 %
350-400	4,0 %	50,3 %	5,3 %	40,3 %	100 %
400-450	4,2 %	46,1 %	6,1 %	43,6 %	100 %
450-500	5,0 %	43,1 %	7,8 %	44,1 %	100 %
500-550	5,4 %	40,3 %	7,3 %	47,0 %	100 %
550-600	4,9 %	38,4 %	8,9 %	47,7 %	100 %
600-650	4,7 %	35,6 %	9,1 %	50,6 %	100 %
650-700	4,5 %	32,2 %	10,3 %	53,0 %	100 %
700-750	6,7 %	28,3 %	9,5 %	55,5 %	100 %
750-800	8,3 %	23,8 %	10,5 %	57,5 %	100 %
800-850	8,7 %	21,2 %	11,8 %	58,4 %	100 %
850-900	7,3 %	19,7 %	11,7 %	61,3 %	100 %
900-950	8,7 %	16,4 %	12,0 %	62,8 %	100 %
950-1000	8,9 %	11,4 %	11,9 %	67,8 %	100 %
>1000	15,2 %	12,0 %	21,3 %	51,4 %	100 %
Rettlinje	11,4 %	9,8 %	15,0 %	63,8 %	100 %

Type tverrfall - fordeling horisontal kurveradius - Lengde (m)			
Radius	Uakseptabelt	Akseptabelt	SUM
0-50	3637	261	3898
50-100	8843	3002	11845
100-150	16914	8610	25524
150-200	24222	14314	38536
200-250	32175	19003	51178
250-300	37939	21119	59058
300-350	40295	21893	62188
350-400	37410	25272	62682
400-450	36791	28457	65248
450-500	35803	28226	64029
500-550	32180	28487	60667
550-600	28744	26245	54989
600-650	24235	24830	49065
650-700	20217	22762	42979
700-750	17488	21818	39306
750-800	16132	21836	37968
800-850	14801	20739	35540
850-900	12844	20321	33165
900-950	11720	19816	31536
950-1000	10402	21929	32331
>1000	236053	250074	486127
Rettlinje	348254	614015	962269
TOTAL	1047099	1263029	2310128

Type tverrfall - fordeling horisontal kurveradius - Andel (%)			
Radius	Uakseptabelt	Akseptabelt	SUM
0-50	93,3 %	6,7 %	100 %
50-100	74,7 %	25,3 %	100 %
100-150	66,3 %	33,7 %	100 %
150-200	62,9 %	37,1 %	100 %
200-250	62,9 %	37,1 %	100 %
250-300	64,2 %	35,8 %	100 %
300-350	64,8 %	35,2 %	100 %
350-400	59,7 %	40,3 %	100 %
400-450	56,4 %	43,6 %	100 %
450-500	55,9 %	44,1 %	100 %
500-550	53,0 %	47,0 %	100 %
550-600	52,3 %	47,7 %	100 %
600-650	49,4 %	50,6 %	100 %
650-700	47,0 %	53,0 %	100 %
700-750	44,5 %	55,5 %	100 %
750-800	42,5 %	57,5 %	100 %
800-850	41,6 %	58,4 %	100 %
850-900	38,7 %	61,3 %	100 %
900-950	37,2 %	62,8 %	100 %
950-1000	32,2 %	67,8 %	100 %
>1000	48,6 %	51,4 %	100 %
Rettlinje	36,2 %	63,8 %	100 %

## Tverrfallsavvik:

Avvik tverrfallskrav - fordeling horisontal kurveradius - Lengde (m)							
Radius	0-1%	1-2 %	2-5 %	5-7 %	7-9 %	>9 %	SUM
0-50	180	182	1115	911	590	920	3898
50-100	1840	2014	4260	1314	873	1544	11845
100-150	5122	5641	9580	2659	954	1568	25524
150-200	8667	8387	14754	3440	1620	1668	38536
200-250	12190	10834	18575	5424	1788	2367	51178
250-300	13090	12412	21830	6431	2600	2695	59058
300-350	12138	11235	25840	7618	2784	2573	62188
350-400	11506	11775	25855	7875	3199	2472	62682
400-450	11092	12292	26412	9012	3325	3115	65248
450-500	11570	10822	24622	9588	3543	3884	64029
500-550	9550	10228	25232	8686	3813	3158	60667
550-600	6702	8943	22376	9075	4433	3460	54989
600-650	5822	6735	20502	8880	3828	3298	49065
650-700	4748	5268	17474	8078	4494	2917	42979
700-750	4387	4754	17472	6900	3310	2483	39306
750-800	5178	5113	16083	6421	2710	2463	37968
800-850	4584	5447	14990	5384	2776	2359	35540
850-900	4928	4708	13846	5531	2202	1950	33165
900-950	4743	5060	12871	5104	2359	1399	31536
950-1000	5655	5057	14083	4063	1786	1687	32331
>1000	133100	103953	166894	51515	22375	8290	486127
Rettlinje	438202	255323	196403	57864	12000	1019	960811
TOTAL	714994	506183	711069	231773	87362	57289	2308670

Avvik tverrfallskrav - fordeling horisontal kurveradius - Andel (%)							
Radius	0-1%	1-2 %	2-5 %	5-7 %	7-9 %	>9 %	SUM
0-50	4,6 %	4,7 %	28,6 %	23,4 %	15,1 %	23,6 %	100 %
50-100	15,5 %	17,0 %	36,0 %	11,1 %	7,4 %	13,0 %	100 %
100-150	20,1 %	22,1 %	37,5 %	10,4 %	3,7 %	6,1 %	100 %
150-200	22,5 %	21,8 %	38,3 %	8,9 %	4,2 %	4,3 %	100 %
200-250	23,8 %	21,2 %	36,3 %	10,6 %	3,5 %	4,6 %	100 %
250-300	22,2 %	21,0 %	37,0 %	10,9 %	4,4 %	4,6 %	100 %
300-350	19,5 %	18,1 %	41,6 %	12,2 %	4,5 %	4,1 %	100 %
350-400	18,4 %	18,8 %	41,2 %	12,6 %	5,1 %	3,9 %	100 %
400-450	17,0 %	18,8 %	40,5 %	13,8 %	5,1 %	4,8 %	100 %
450-500	18,1 %	16,9 %	38,5 %	15,0 %	5,5 %	6,1 %	100 %
500-550	15,7 %	16,9 %	41,6 %	14,3 %	6,3 %	5,2 %	100 %
550-600	12,2 %	16,3 %	40,7 %	16,5 %	8,1 %	6,3 %	100 %
600-650	11,9 %	13,7 %	41,8 %	18,1 %	7,8 %	6,7 %	100 %
650-700	11,0 %	12,3 %	40,7 %	18,8 %	10,5 %	6,8 %	100 %
700-750	11,2 %	12,1 %	44,5 %	17,6 %	8,4 %	6,3 %	100 %
750-800	13,6 %	13,5 %	42,4 %	16,9 %	7,1 %	6,5 %	100 %
800-850	12,9 %	15,3 %	42,2 %	15,1 %	7,8 %	6,6 %	100 %
850-900	14,9 %	14,2 %	41,7 %	16,7 %	6,6 %	5,9 %	100 %
900-950	15,0 %	16,0 %	40,8 %	16,2 %	7,5 %	4,4 %	100 %
950-1000	17,5 %	15,6 %	43,6 %	12,6 %	5,5 %	5,2 %	100 %
>1000	27,4 %	21,4 %	34,3 %	10,6 %	4,6 %	1,7 %	100 %
Rettlinje	45,6 %	26,6 %	20,4 %	6,0 %	1,2 %	0,1 %	100 %

For liten eller tilstrekkelig horisontalradius ved beregnet V:

Radius ved beregnet V - fordeling horisontal kurveradius - Lengde (m)			
Radius	For liten radius	Tilstrekkelig radius	SUM
0-50	898	629	1527
50-100	3368	221	3589
100-150	6643	761	7404
150-200	5769	5524	11293
200-250	2691	15992	18683
250-300	850	23906	24756
300-350	301	25128	25429
350-400	95	28225	28320
400-450	20	30350	30370
450-500	0	31606	31606
500-550	0	30983	30983
550-600	0	26873	26873
600-650	0	22698	22698
650-700	0	20775	20775
700-750	0	19720	19720
750-800	0	19124	19124
800-850	0	18227	18227
850-900	0	16797	16797
900-950	0	16189	16189
950-1000	0	16676	16676
>1000	0	242070	242070
Rettlinje	0	472971	472971
TOTAL	20635	1085445	1106080

Radius ved beregnet V - fordeling horisontal kurveradius - Andel (%)			
Radius	For liten radius	Tilstrekkelig radius	SUM
0-50	58,8 %	41,2 %	100 %
50-100	93,8 %	6,2 %	100 %
100-150	89,7 %	10,3 %	100 %
150-200	51,1 %	48,9 %	100 %
200-250	14,4 %	85,6 %	100 %
250-300	3,4 %	96,6 %	100 %
300-350	1,2 %	98,8 %	100 %
350-400	0,3 %	99,7 %	100 %
400-450	0,1 %	99,9 %	100 %
450-500	0,0 %	100,0 %	100 %
500-550	0,0 %	100,0 %	100 %
550-600	0,0 %	100,0 %	100 %
600-650	0,0 %	100,0 %	100 %
650-700	0,0 %	100,0 %	100 %
700-750	0,0 %	100,0 %	100 %
750-800	0,0 %	100,0 %	100 %
800-850	0,0 %	100,0 %	100 %
850-900	0,0 %	100,0 %	100 %
900-950	0,0 %	100,0 %	100 %
950-1000	0,0 %	100,0 %	100 %
>1000	0,0 %	100,0 %	100 %
Rettlinje	0,0 %	100,0 %	100 %

For liten eller tilstrekkelig horisontalradius ved beregnet V85:

Radius ved beregnet V85 - fordeling horisontal kurveradius - Lengde (m)			
Radius	For liten radius	Tilstrekkelig radius	SUM
0-50	898	629	1527
50-100	3489	100	3589
100-150	7244	160	7404
150-200	11033	260	11293
200-250	11803	6880	18683
250-300	5800	18956	24756
300-350	2474	22955	25429
350-400	1056	27264	28320
400-450	614	29756	30370
450-500	140	31466	31606
500-550	60	30923	30983
550-600	0	26873	26873
600-650	0	22698	22698
650-700	0	20775	20775
700-750	0	19720	19720
750-800	0	19124	19124
800-850	0	18227	18227
850-900	0	16797	16797
900-950	0	16189	16189
950-1000	0	16676	16676
>1000	0	242070	242070
Rettlinje	0	472971	472971
TOTAL	44611	1061469	1106080

Radius ved beregnet V85- fordeling horisontal kurveradius - Andel (%)			
Radius	For liten radius	Tilstrekkelig radius	SUM
0-50	58,8 %	41,2 %	100 %
50-100	97,2 %	2,8 %	100 %
100-150	97,8 %	2,2 %	100 %
150-200	97,7 %	2,3 %	100 %
200-250	63,2 %	36,8 %	100 %
250-300	23,4 %	76,6 %	100 %
300-350	9,7 %	90,3 %	100 %
350-400	3,7 %	96,3 %	100 %
400-450	2,0 %	98,0 %	100 %
450-500	0,4 %	99,6 %	100 %
500-550	0,2 %	99,8 %	100 %
550-600	0,0 %	100,0 %	100 %
600-650	0,0 %	100,0 %	100 %
650-700	0,0 %	100,0 %	100 %
700-750	0,0 %	100,0 %	100 %
750-800	0,0 %	100,0 %	100 %
800-850	0,0 %	100,0 %	100 %
850-900	0,0 %	100,0 %	100 %
900-950	0,0 %	100,0 %	100 %
950-1000	0,0 %	100,0 %	100 %
>1000	0,0 %	100,0 %	100 %
Rettlinje	0,0 %	100,0 %	100 %







## Vedlegg 9 Fordeling etter skadegrad

Ulykkestyper:

Ulykkestype	Drepte	Meget alvorlig skadet	Alvorlig skadet	Lettere skadet	Totalt
Alle møte- og utforkjøringsulykker	38	11	73	455	577

Ulykkestype	Drepte og hardt skadet	Lettere skadet	Totalt
Møteulykker	87	188	275
Utforkjøringsulykker	35	267	302
Totalsum	122	455	577

Uhellskoder:

Uhellskode	Drepte og hardt skadet	Lettere skadet	Totalt
Enslig kjøretøy kjørte utfor på venstre side i venstrekurve	2	22	24
Enslig kjøretøy kjørte utfor på venstre side i høyrekurve	5	33	38
Enslig kjøretøy kjørte utfor på venstre side på rett vegstrekning	4	60	64
Møting på rett vegstrekning	49	121	170
Møting i kurve	38	67	105
Enslig kjøretøy kjørte utfor på høyre side i venstrekurve	9	46	55
Enslig kjøretøy kjørte utfor på høyre side i høyrekurve	0	19	19
Enslig kjøretøy kjørte utfor på høyre side på rett vegstrekning	15	87	102
Totalsum	122	455	577

Type tverrfall:

Type tverrfall	Drepte og hardt skadet	Lettere skadet	Totalt
For mye	13	60	73
For lite	43	119	162
Feil veg	12	64	76
Akseptabelt	54	212	266
Totalsum	122	455	577

Tverrfallsavvik:

Tverrfallsavvik	Drepte og hardt skadet	Lettere skadet	Totalt
0-1%	40	128	168
1-3 %	30	138	168
3-5 %	24	103	127
5-7 %	14	58	72
7-9 %	14	20	34
>9 %	0	8	8
Totalsum	40	455	577

For liten eller tilstrekkelig horisontalradius:

Beregnet gj.snittsfart (V)	Drepte og hardt skadet	Lettere skadet	Totalt
For liten kurveradius (V)	2	27	29
Tilstrekkelig kurveradius (V)	80	245	325
<b>Totalsum</b>	<b>26</b>	<b>272</b>	<b>354</b>

Beregnet gj.snittsfart (V85)	Drepte og hardt skadet	Lettere skadet	Totalt
For liten kurveradius (V85)	5	34	39
Tilstrekkelig kurveradius (V85)	77	238	315
<b>Totalsum</b>	<b>26</b>	<b>272</b>	<b>354</b>

Avvik horisontalradius:

Avvik kurveradius ved beregnet V (m)	Drepte	Lettere skadet	Totalt
0-25	1	13	14
25-50	1	11	12
50-75	0	3	3
75-100	0	0	0
100-125	0	0	0
125-150	0	0	0
150-175	0	0	0
<b>Totalsum</b>	<b>2</b>	<b>27</b>	<b>29</b>

Avvik kurveradius ved beregnet V85	Drepte og hardt skadet	Lettere skadet	Totalt
0-25 m	2	6	8
25-50 m	1	5	6
50-75 m	2	15	17
75-100 m	0	5	5
100-125 m	0	3	3
125-150 m	0	0	0
150-175 m	0	0	0
175-200 m	0	0	0
200-225 m	0	0	0
225-250 m	0	0	0
<b>Totalsum</b>	<b>5</b>	<b>34</b>	<b>39</b>

Kurver og rettstrekninger:

Element	Drepte og hardt skadet	Lettere skadet	Totalt
Kurve	89	308	397
Rettlinje	33	147	180
<b>SUM</b>	<b>122</b>	<b>455</b>	<b>577</b>

Radius	Drepte og hardt skadet	Lettere skadet	Totalt
0-400	34	108	142
400-1000	34	80	114
1000-2000	21	120	141
Rettlinje	33	147	180
<b>SUM</b>	<b>122</b>	<b>455</b>	<b>577</b>