

Hvordan påvirkes ulykkesrisikoen av ugunstig tverrfall?

En studie av sammenhengen mellom ulykker
og ugunstig tverrfall ved forskjellige
horisontalkurveradier

Espen Syljuberget Haugvik

Master i veg og jernbane

Innlevert: mai 2016

Hovedveileder: Thomas Jonsson, BAT

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

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet som en del av erfaringsbasert mastergrad ved NTNU. Statens vegvesen har i samarbeid med NTNU og Jernbaneverket utviklet dette programmet for å øke kompetansen innen samferdselssektoren. Arbeidet med mastergraden har vært lærerikt og spennende. Jeg mener jeg har hatt et godt utbytte av dette og er sikker på at utdanningen vil komme til god nytte i mitt videre arbeid i Statens vegvesen. Jeg valgte tema for masteroppgaven på bakgrunn av en stor interesse for trafikksikkerhetsfaget, men det var mer eller mindre tilfeldig at det var akkurat sammenhengen mellom ulykker og forskjellige tverrfallsverdier som ble hovedfokus. Noe av årsaken var at jeg oppdaget alle de gode veggeometridataene som var tilgjengelig. Disse dataene vil jeg fortsette å bruke i analysesammenheng i mitt daglige arbeid. Veilederen min ved NTNU var Thomas Jonsson, PhD.

Hamar 18.04.2016

Espen Syljuberget Haugvik



Sammendrag

I denne masteroppgaven ser jeg nærmere på om det er noen sammenheng mellom ugunstig tverrfall og møte- og utforkjøringsulykker. Årsaken til at jeg ønsket å undersøke dette temaet er blant annet et ønske om å finne effektive tiltak som kan begrense antall ulykker med drepte og hardt skadde. Møte- og utforkjøringsulykker står for cirka 70 % av alle dødsulykker i Norge, så potensialet for reduksjon i alvorlige ulykker er stor om man kan avdekke et sikkerhetsproblem som fører til slike ulykker. Temaet er blitt undersøkt i andre sammenhenger, men jeg mener å ha en annen metode som kan komme med ny informasjon til temaet.

Annen forskning innen temaet har gitt blandende resultater. Noen viser til at tverrfall har effekt på ulykkessituasjonen, mens andre viser til at det utgjør liten eller ingen effekt. Det meste av forskningen på temaet er forholdsvis gammel, og nesten alle ser på tverrfall i sammenheng med andre faktorer. For eksempel i før/etter-analyser er det også måtte blitt tatt hensyn til andre risikoreduserende tiltak fordi oppretting av tverrfall sjelden er gjort alene. Eksempler på andre slike tiltak er utvidet vegbredde, økt skulderbredde eller den opplagte konsekvensen av nytt vegdekke.

Hovedanalysen i min oppgave ser på om forskjellige tverrfallsverdier alene kan påvirke ulykkessituasjonen uten påvirkning av andre faktorer. Det eneste jeg tok hensyn til i tillegg til tverrfallsverdier er horisontalkurveradius. Dette måtte bli et parameter i analysen da forskjellige kurveradier forutsetter forskjellige tverrfallsverdier. For å finne ut dette måtte jeg ha et stort utvalg for å ha muligheten til å avdekke eventuelle andre faktorer som påvirker resultatene. Jeg har derfor sett på veger i Hedmark og Oppland som til sammen utgjør over 1700 km, og møte- og utforkjøringsulykker på disse strekningene de siste fem årene. Jeg har også tatt hensyn til trafikkmengde fordi eksponering er et viktig parameter når man skal analysere ulykkesrisiko på denne måten. Analysen min sammenligner hvor mye trafikk det er på steder med gitte vegforhold med hvor mange ulykker det er på disse stedene. Dette gir et bilde av relativ risiko for ulykker ved de forskjellige forholdene og jeg kan vurdere resultatene ut fra det.

Resultatene fra analysen viser at virkningen av tverrfall er avhengig av hvor krapp kurvaturen på vegen er og om det er høyrekurve (innerkurve) eller venstrekurve (ytterkurve). Generelt sett viser hovedanalysen (den kvantitative analysen) at tverrfall utenfor vedlikeholdsstandarden alene ikke har påvirket ulykkessituasjonen i stor grad. Der det viser seg å ha en liten, men signifikant, effekt er i slake venstrekurver. Her er det for lite tverrfall eller tverrfall som heller i feil retning som er problemet. Også i krappe venstrekurver ser det ut til at for lite tverrfall har hatt en effekt på ulykkessituasjonen, men resultatene var ikke signifikante på 0,05-nivå.

I en gjennomgang av dybdeanalyser av ulykker kommer det imidlertid frem at det ser ut til at ugunstig tverrfall i kombinasjon med andre risikofaktorer som for eksempel høy hastighet eller glatt veg øker risikoen.

Ut fra disse resultatene kan jeg ikke direkte anbefale å rette opp tverrfall på eksisterende veg. Det anbefales allikevel å være påpasselig med at ny veg bygges med riktig tverrfall.

Dette gjelder også i slake kurver hvor det i henhold til resultatene fra min analyse kan se ut til at det på flere steder er beholdt takfall der det skulle vært ensidig fall. Sikring av at dette gjøres kan blant annet gjøres gjennom uavhengige trafikksikkerhetsrevisjoner av byggeplaner. Enkeltkurver med generelt stor risiko og ugunstig tverrfall kan også anbefales å lokalisere for deretter å utføre risikoreduserende tiltak. For øvrig bør det da gjøres flere tiltak enn kun å rette opp tverrfall.

For å supplere resultater fra denne oppgaven vil jeg spesielt anbefale å se nærmere på tverrfall i sammenheng med endring i radius gjennom en kurve, hastighet gjennom kurven, spordybde og føreforhold. Spesielt bør det sees nærmere på hvordan disse faktorene i samspill påvirker ulykkesrisikoen. Det bør også sees på hvordan endring i tverrfall gjennom en kurve påvirker ulykkesrisikoen. Videre kan det være interessant å se nærmere på forskjellige enhetstyper og hva de forskjellige vegforholdene har å si for ulykkesrisikoen for dem. For eksempel hvordan motorsykkel eller vogntog påvirkes til sammenligning med personbiler.

Summary

In this thesis I examine whether there is any link between lack of superelevation and head-on- and single vehicle accidents. The reason that I wanted to explore this theme include a desire to find effective measures to limit the number of accidents involving fatalities and serious injuries. Head-on- and single vehicle accidents account for about 70% of all fatal accidents in Norway. This means that the potential for reduction in serious accidents is great if you can uncover a vulnerability that leads to such accidents. The topic has been studied in other contexts, but I think I have a method that can come with new information to the topic.

Research on the topic has given mixed results. Some pointed out that superelevation has an effect on accidents, while others show that it poses little or no effect. Most of the research on the topic is relatively old, and almost everyone looks at superelevation in conjunction with other factors. For example in before / after analysis it also had been taken into account other risk reducing measures because the boost of the superelevation is rarely done alone. Examples of other measures is extended road width, increased shoulder width or the obvious consequence of new pavement.

The main analysis in my thesis looks at if the different superelevation values can affect accident situation without the influence of other factors. The only thing I took into consideration as well as superelevation are horizontal curve radius. This had to be a parameter in the analysis when different curve radiuses require different superelevation values. To determine this, I had to have a wide range of different roads to be able to identify if any other factors were affecting the results. I have therefore looked at data for roads in Hedmark and Oppland, which together comprise more than 1,700 km. Data include superelevation, horizontal curve radius and accidents. I have also taken into account traffic volume because exposure is an important parameter when analyzing accidents in this way. My analysis compare how much traffic there is in places with given road conditions by how many accidents there are in these places. This gives a picture of the relative risk of accidents at the different conditions and I can evaluate the results from it.

The results of the analysis show that the impact of superelevation depends on how sharp curvature of the road is and whether it is right curve (inner curve) or left curve (outer curve). Generally the main analysis (the quantitative analysis) shows that superelevation outside maintenance standard alone has not affected the accident situation to any great extent. Where it proves to be a small but significant effect is gentle left curves. Here there is too little superelevation or superelevation which drops in the wrong direction that is the problem. Also in tight left curves, it appears that too little superelevation has had an effect on the accident situation, but the results were not significant on 0.05-level.

In a review of in-depth analysis of accidents it is however stated that it appears that a lack of superelevation in combination with other risk factors such as high speed or slick roads increases the risk.

Given these results, I can not directly recommend to correct the lack of superelevation on existing roads. However, I recommend to be sure to keep new roads built with correct superelevation. This also applies in gentle curves which, according to the results of my

analysis, would appear that at several locations is retained two-sided fall across the road where there should have been one-sided superelevation. Ensuring that this is done can be done through independent road safety audits of construction plans. Curves with overall great risks and no superelevation can also be recommended to locate and perform risk reduction measures.

To supplement the results of my task I would particularly recommend a closer look at superelevation in conjunction with the change in radius through a curve, speed through the curve, rutting and road conditions. It should also be seen how the change in superelevation through a curve affects the risk of accidents. Furthermore, it may be interesting to look into how the different road conditions effect different vehicle types. For example, how motorcycles or trucks are affected by superelevation in comparison with passenger cars.

Innhold

Forord	1
Sammendrag	3
Summary	5
1. Innledning og problemstilling.....	10
1.1 Bakgrunn.....	10
1.2 Problemstilling	13
2. Avgrensning og begrepsforklaring.....	14
2.1 Aktuelle strekninger	14
2.2 Kart.....	15
2.3 Spordata.....	16
2.4 Høyrekurve og venstrekurve	16
2.5 ÅDT (årsdøgnetrafikk)	16
2.6 Ulykkesdata.....	17
2.6.1 Straksdata	17
2.6.2 UAG-data.....	17
2.7 Spor i vegbanen.....	18
3. Litteraturgjennomgang.....	19
3.1 TØI`s Trafikksikkerhetshåndbok	19
3.1.1 TØI`s Trafikksikkerhetshåndbok, 4. utgave	19
3.1.2 An evaluation of alternative horizontal curve design approaches on rural two-lane highways.....	20
3.1.3 Analysis of accident reduction factors on California state highways.	21
3.1.4 Superelevation and roadway geometry. Deficiency at crash sites and on grades (Abridgement).	21
3.1.5 Cost-Effective Geometric Improvements for Safety Upgrading of Horizontal Curves.	22
3.1.6 Effekt av overhøyde i kurver.	22
3.1.7 Vegdekkets tilstand og trafikksikkerhet.	23
3.2 Håndbøker fra Statens vegvesen	24
3.2.1 HbN100, Veg- og gateutforming	24
3.2.2 HbR610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger.....	25
3.2.3 HbV120 Premisser for geometrisk utforming av veger	26
3.3 Tidligere masteroppgaver, NTNU	26

3.3.1 En studie av sammenheng mellom horisontalkurvatur, tverrfall og trafikkulykker på vegnettet.....	26
3.3.2 Veg-geometriens betydning for trafikkulykker.....	26
3.3.3 En studie av sammenhengen mellom veg-geometri, fart og trafikkulykker.....	27
3.3.4 Min analyse i forhold til de andre masteroppgavene fra NTNU.....	27
4. Metode.....	28
4.1 Kvantitativ analyse.....	28
4.2 Dybdeanalyser.....	28
4.3 Usikkerhet i utvalget.....	29
4.4 Fremstilling av resultat	31
5. Analyse	33
5.1 Trafikkeksponering	34
5.2 Ulykker.....	35
5.3 Grafisk fremstilling av resultatene	36
5.4 Andel utenfor vedlikeholdsstandard for tverrfall	46
5.5 Sesongvariasjoner	46
5.6 Dødsulykker for hele landet (UAG-analyser).....	47
5.7 Generell ulykkesrisiko i kurver.....	48
5.9 Oppsummering av resultater	50
6. Diskusjon og konklusjon	51
6.1 Forslag til videre forskning.	52
6.2 Forslag til tiltak	53
6.3 Oppsummering og konklusjon.....	53
Litteraturliste.....	54
Vedlegg 1: Utrekning av konfidensintervall	55
Vedlegg 2: Sammenligning av ulykker på vinter og sommerhalvåret.....	58
Vedlegg 3: Trafikkeksponering og ulykkestall i prosent	77
Vedlegg 4: Beregning av risiko ved forskjellige horisontalkurve radier.....	79

1. Innledning og problemstilling

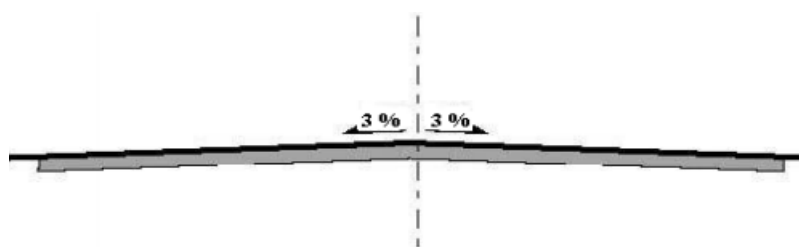
1.1 Bakgrunn

I Norge skjer det ca. 800 trafikkulykker med drepte og hardt skadde hvert år. Dette utgjør enorme kostnader for samfunnet, men kostnadene for samfunnet kan ikke sammenlignes med følgene disse ulykkene har for enkeltindivider og dems pårørende eller etterlatte. Årsaken til ulykker er sammensatt og det er alltid flere faktorer som fører fram til en ulykke. Faktorene kan knyttes til trafikant, kjøretøy eller veg. For å redusere antall ulykker med drepte og hardt skadde må man finne ut hvilke risikofaktorer som er gjeldende i alvorlige ulykker, og deretter finne effektive tiltak for å redusere eller fjerne risikofaktoren. I og med at trafikksikkerhetsmidlene ikke er uendelige er det også viktig å se sammenhengen mellom effekt og kostnad på tiltak. Man ønsker å få mest mulig trafikksikkerhet igjen for pengene man investerer. Bruker man trafikksikkerhetsmidler på en lite effektiv måte vil dette føre til flere alvorlige ulykker enn om man utnytter midlene på en effektiv måte. Det hviler derfor et stort ansvar på beslutningstakerne.

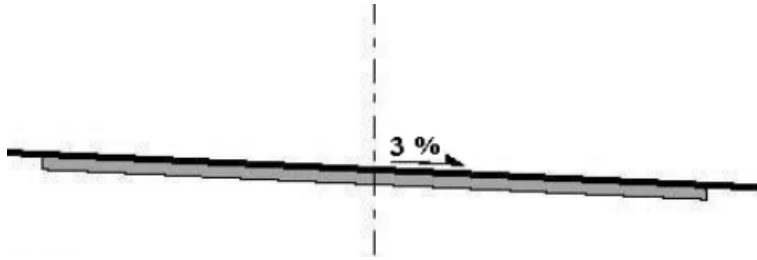
For at beslutningstakerne skal ha et best mulig grunnlag for å velge riktige og effektive tiltak, må forhold analyseres og vurderes nøye med strenge krav til nøyaktighet. Det finnes mye litteratur innen forskjellige temaer av trafikksikkerhet, men det er uansett vanskelig å vurdere i hvilken grad midler blir brukt på en mest mulig effektiv måte fordi det er vanskelig å vurdere trafikksikkerhetstiltak med forskjellige kostnader opp mot hverandre. Videre trafikksikkerhetsforskning er derfor meget viktig fordi det vil hjelpe til med å treffe de riktige beslutningene. Dette er også viktig fordi trafikkbildet og kjøretøyene forandrer seg hele tiden og tiltak som var effektive tidligere er kanskje ikke like effektive i dag eller i fremtiden.

Tiltak som bedrer trafikksikkerheten kan som nevnt rettes mot trafikant, kjøretøy eller veg. I min masteroppgave skal jeg se nærmere på forhold ved vegen som kan påvirke sikkerheten. Jeg skal se på i hvilken grad ugunstig tverrfall påvirker ulykkessituasjonen og vurdere om eventuelle tiltak rettet mot ugunstig tverrfall vil være effektive.

Tverrfall vil si kjørebans helling på tvers av vegens lengdeakse. Tverrfall er enten tosidig ved at kjørebannen heller i hver sin retning fra vegens senterlinje (takfall) se figur 1, eller ensidig fall over hele vegens tverrprofil, se figur 2. Takfall benyttes på rettstrekninger, mens ensidig fall benyttes i kurver.



Figur 1: Takfall.



Figur 2: Ensidig fall.

Takfall benyttes for at vann skal renne vekk fra vegoverflaten. Dette er også en av virkningene til ensidig fall i kurver, men ensidig fall har også en virkning ved at den delvis kompenseres for påført sidekraft på kjøretøy som passerer gjennom kurven. For dette formålet bør overhøyden være stor, men grunnet frykt for at saktegående eller stillestående kjøretøy skal skli sidelengs ved køkjøring er det gitt maksverdier for tverrfall. Tverrfall bør i henhold til Statens vegvesens hbN100 (Veg- og gateutforming) ikke overstige 8 %. Vedlikeholdskravene i hbR610 (Standard for drift og vedlikehold av riksveger) gir et slingsringsmonn opp mot 9,5 % for ensidig tverrfall.

Som nevnt er formålet med overhøyde i en kurve å kompensere for deler av sentrifugalkraften som kjøretøyet utsettes for. For å unngå glidning utover i kurven må følgende betingelse være tilfredsstillt (Sakshaug, 2000):

$$e + f_k \geq \frac{v^2}{g \cdot R}$$

Hvor

e = overhøyden (m/m)

f_k = sidefriksjonsfaktor

v = fart i m/s

g = tyngdeakselerasjonen = 9,81 m/s²

R = horisontalkurveradius i meter

Ut fra ligning 1 kan minste radius for en bestemt dimensjonerende fart og dimensjonerende sidefriksjonsfaktor utledes.

$$R_{min} = \frac{V^2}{127 \cdot (e_{maks} + f_k)}$$

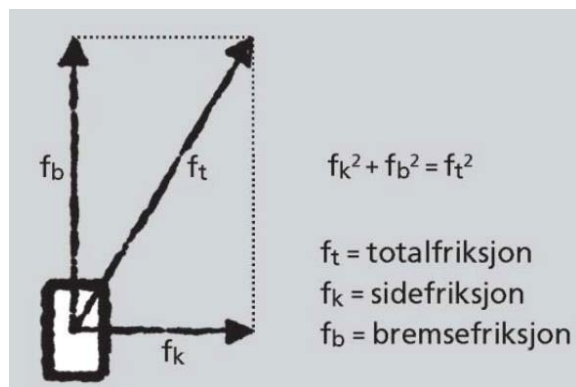
Hvor

V = dimensjonerende fart i km/t

e_{maks} = maksimal overhøyde (m/m)

f_k = dimensjonerende sidefriksjonsfaktor

Friksjon er et viktig parameter for sikker kjøring. Totalfriksjon er en sammensetning av bremsefriksjon og sidefriksjon. Figur 3 er hentet fra hbV120 (Premisser for geometrisk utforming av veger) og viser prinsippet for fordelingen mellom bremse- og sidefriksjon.



Figur 3: Bremse- og sidefriksjon.

Totalfriksjon inngår ikke direkte i beregningene av minimums- eller maksimumsverdier for linjeføringen, men danner grunnlaget for bremse- og sidefriksjon. Totalfriksjonen blir brukt som grunnlag for krav i hbN100. Verdiene i tabell 1 er fremkommet gjennom friksjonsmålinger ved ulike fartsgrenser, og gir et bilde av vegdekkets friksjonsegenskaper.

Fartsgrense [km/t]						
40	50	60	70	80	90	100
0,77	0,69	0,63	0,59	0,55	0,52	0,49

Tabell 1: Totalfriksjon ved ulike fartsgrenser (hbV120).

Dimensjonerende friksjon er knyttet opp til fartsgrense. For at friksjon skal kunne brukes i formelverket, må den fordeles på side- og bremsefriksjon. Sidefriksjonens andel av totalfriksjonen ved de forskjellige fartsgrensene er vist i tabell 2.

Fartsgrense [km/t]						
40	50	60	70	80	90	100
39 %	39 %	37 %	37 %	34 %	30 %	26 %

Tabell 2: Sidefriksjonens andel av totalfriksjonen ved ulike fartsgrenser (hbV120).

Tabell 2 viser at andelen utgjort av sidefriksjon avtar ved høyere fartsgrenser.

Ved beregning av dimensjonerende sidefriksjonsfaktor legges det inn en sikkerhetsfaktor for at ikke all tilgjengelig friksjonskraft er forutsatt brukt til å ta opp sidekreftene. Disse sikkerhetsfaktorene avhenger av dimensjoneringsklasse. Beregningsmessige sidefriksjonsfaktorer er avhengig av disse sikkerhetsfaktorene og fartsgrense og er vist i tabell 3 som er hentet fra hbV120.

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: Sidefriksjonsfaktorer for ulike fartsgrenser og sikkerhetsfaktorer.

Kravene til overhøyde (tverrfall) er vurdert ut fra nevnte kriterier og er gitt i tabellform etter dimensjoneringsklasse i hbN100. Eksempel på en slik tabell er vist under og viser kravene til blant annet overhøyde ved bygging av en H2-veg.

Tabell C.4: Prosjekteringstabell for H2

R _n ¹	Horisontalkurvaturparametre							Vertikalkurvaturparametre						
	Nabokurve		Klotoid	Siktlengde ²				R _{v,høy}	R _{v,høy} ³	R _{v, lav}	Overhøyde	Stigning	Res. fall	
	Min	Maks		Min	Stopp	Δst1	Δst2	Forbi	Min	Kryss	Min	e	Maks	Maks
250	250	400	125	115	-9	12	450	2800	-	1900	8,0	6,0	10,0	2
275	250	550	130	115	-9	12	450	2800	-	1900	8,0	6,0	10,0	2
300	250		140	120	-9	12	450	3000	-	1900	8,0	6,0	10,0	2
350	250		150	120	-9	12	450	3000	-	1900	8,0	6,0	10,0	2
400	250		160	120	-9	12	450	3000	6500	2000	8,0	6,0	10,0	2
450	270		170	120	-9	12	450	3000	6500	2000	8,0	6,0	10,0	2
500	270		180	125	-11	16	450	3300	7100	2000	8,0	6,0	10,0	2
550	275		190	125	-11	16	450	3300	7100	2000	8,0	6,0	10,0	2
600	280		195	125	-11	16	450	3300	7100	2000	8,0	6,0	10,0	2
700	290		215	125	-11	16	450	3300	7100	2000	8,0	6,0	10,0	2
800	290		220	125	-11	16	450	3300	7100	2000	7,5	6,6	10,0	2
900	290		225	125	-11	16	450	3300	7100	2000	7,0	7,1	10,0	2
1000	300		230	125	-11	16	450	3300	7100	2100	6,5	7,6	10,0	2
1200	300		235	125	-11	16	450	3300	7100	2100	5,6	8,0	10,0	2
1400	300		235	125	-11	16	450	3300	7100	2100	4,7	8,0	10,0	2
1600	300		235	125	-11	16	450	3300	7100	2100	3,7	8,0	10,0	2
≥ 1750	300		235	125	-11	16	450	3300	7100	2100	3,0	8,0	10,0	2

Tabell 4: Prosjekteringstabell for H2-veg fra hbN100.

1.2 Problemstilling

Jeg ønsker ved hjelp av store kvantitative data å se om jeg finner noen sammenheng mellom ugunstig tverrfall og ulykkesrisikoen. Jeg vil også belyse om det er andre risikofaktorer som kan øke effekten av ugunstig tverrfall ved hjelp av dybdeanalyser av enkeltulykker.

2. Avgrensning og begrepsforklaring

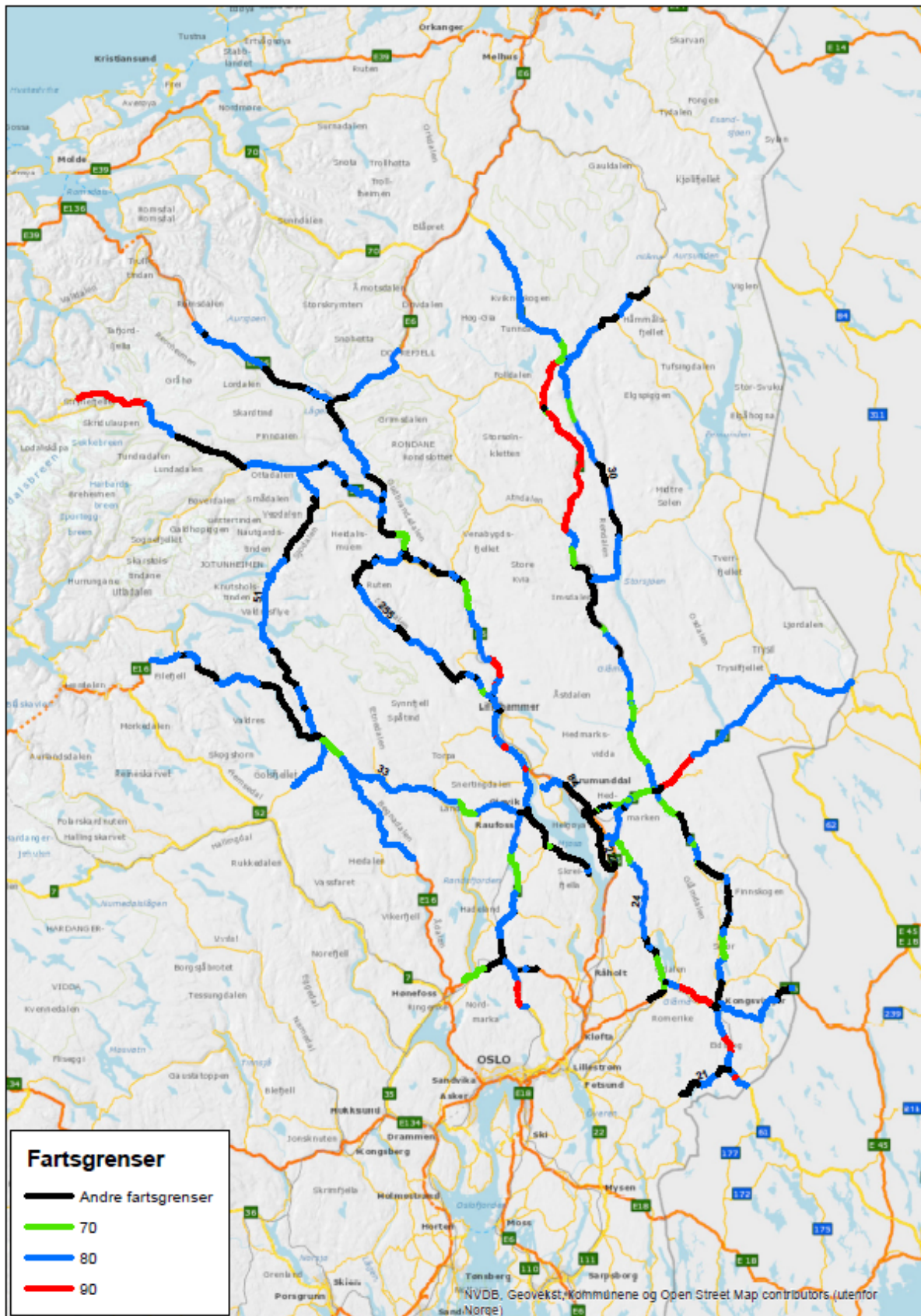
2.1 Aktuelle strekninger

For å se nærmere på dette temaet var det viktig å finne analyseområder som er homogene. At forholdene er mest mulig like. Jeg har derfor avgrenset utvalget til strekninger som ligger i Hedmark og Oppland. Dette er gjort for å se på strekninger som har forholdsvis like kjøreforhold når det kommer til ytre forhold som vær- og føreforhold. Det er ønskelig med et stort grunnlag av data, men det er ikke hensiktsmessig å se på alle vegger i disse fylkene. Derfor er det valgt ut vegene med mest trafikk og fartsgrense 70, 80 og 90 km/t fordi tverrfall har mest innvirkning på kjøretøy i høy hastighet. Det er også avgrenset til kun å se på veier med to felt. E6 i Hedmark er ikke tatt med i analysen på grunn av at store deler av den er med fire kjørefelt og midtdeler. I tillegg er det midtdeler på store deler av strekningene med to kjørefelt. Dette gjør at strekningen skiller seg såpass fra de andre strekningene jeg ser på at jeg valgte å ta den ut. Det er i tillegg snakk om en relativt kort strekning og høy ÅDT, noe som kan føre til feil helhetsinntrykk av analyserte data. I tabell 5 er oversikten over vegene som er med i analysen. Det vil si delene av disse vegene som har fartsgrense 70, 80 og 90 km/t og to kjørefelt. Dette utgjør cirka 1700 km.

Hedmark	Oppland
Ev16	Ev6
Rv2	Ev16
Rv3	Ev136
Rv25	Rv4
Fv21	Rv15
Fv24	Fv33
Fv30	Fv51
Fv84	Fv255
Fv222	

Tabell 5: Utvalgte strekninger for analysen

2.2 Kart



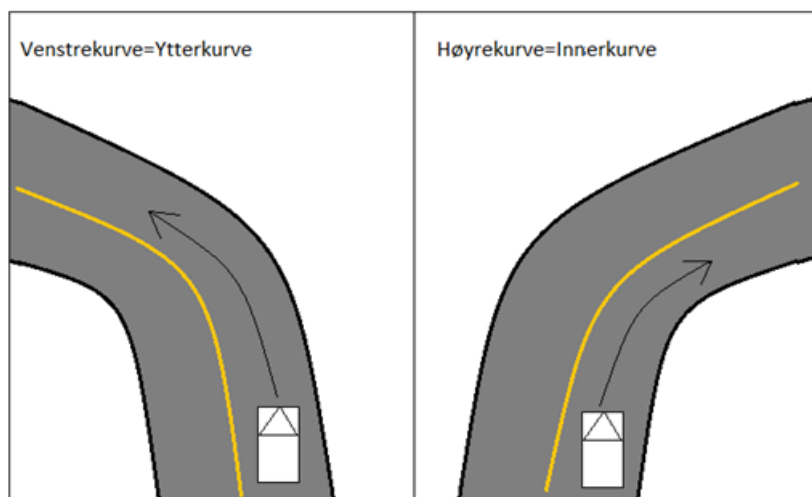
Kart 1: Vegstrekninger som er med i analysen

2.3 Spordata

For å se på tverrfall på vegen er det hentet ut spordata fra nasjonal vegdatabank (NVDB). Disse dataene inneholder blant annet tverrfall, horisontalkurveradius og spordybde. Det må tas hensyn til horisontalkurveradius når man ser på tverrfall i og med at anbefalt/påkrevd tverrfallsverdi avhenger av dette. Dataene er målt per kjørefelt, det vil si at dataene som er tilgjengelig er dobbelt så stort som antall km fordi spordata måles i begge retninger. Disse vegdataene er gitt punktvis for hver 20. meter av vegnettet.

2.4 Høyrekurve og venstrekurve

Det vil altså bli sett på data for ett kjørefelt. Når vi ser på ett kjørefelt på en 2-feltsveg vil dette si at kjørefeltet vil ligge i ytterkurve eller innerkurve. Kjørefeltet ligger i ytterkurven i venstrekurver og i innerkurven i høyrekurver. Si bilde 1.



Bilde 1: Forklaring av høyre- og venstrekurve/ytter- og innerkurve.

Dette har noe å si i analysen da ugunstig tverrfall i en kurve påvirker forskjellig om man ligger i innerste eller ytterste kjørefelt. Man vil for eksempel ha mer sikkerhetsmargin i innerste felt i forhold til utforkjøring, men man vil også ha større risiko for møteulykke om man mister veggrep i innerste felt fordi man vil gli over i møtende kjørefelt. Høyrekurver har positive tall for horisontalkurveradius mens venstrekurver har negative tall. Videre i teksten vil det bli vist til høyrekurve og venstrekurve i stedet for henholdsvis innerkurve og ytterkurve.

2.5 ÅDT (årsdøgntrafikk)

Det er forskjellig trafikkmengde på de utvalgte vegene. Når det sees på ulykkesrisiko på bakgrunn av forskjellige vegforhold må analysen ta høyde for dette fordi trafikken eksponering til vegforhold som eventuelt påvirker ulykkesrisikoen er medvirkende til hvor mange ulykker som skjer ved gitte forhold. Derfor er ÅDT-verdien for 2014 lagt til på alle målpunktene for spor, horisontalkurveradius og tverrfall. ÅDT-verdier er også hentet fra NVDB.

2.6 Ulykkesdata

2.6.1 Straksdata

Ulykkesdata er hentet fra Straks-registeret i NVDB. I analysen sees det kun på utforkjøringsulykker og møteulykker da dette er de ulykkene som i størst grad kan ha blitt påvirket av tverrfallet på vegen. Kryssulykker, ulykker i samme kjøreretning og fotgjengerulykker har ikke samme interesse i denne analysen. At det er utforkjøringsulykker og møteulykker som påvirkes i størst grad av ugunstig tverrfall motiverer ytterligere til å se nærmere på problemet. Dette fordi dette er ulykkestyper som har flest ulykker med alvorlig skadegrad. Det er tatt med ulykker for en 5-årsperiode for å få et stort nok datagrunnlag. En mulig feilkilde er at tverrfallet kan ha endret seg på enkelte steder de siste fem årene, men sannsynligheten for dette er forholdsvis liten. Det er uansett gunstig å ikke ha ulykkestall fra en for stor tidsperiode da dette øker sannsynligheten for endring i forhold ved vegen.

I og med at spordata blir målt for ett felt, må det finnes ut hvilket felt kjøretøyet som er involvert i en ulykke kjørte i. Dette gjøres ved å se på kriteriet «med- eller mot-kilometreringen» for ulykkesenheten. Dette er registrert i Straks-registeret. Tverrfallet for kjørefeltet i motsatt kjøreretning har mindre innvirkning. Dessuten blir det vanskelig å gjøre analyser for tverrfallet over hele veibanen da dataene for hvert kjørefelt er hentet inn separat og målingene per 20. meter ikke er på nøyaktig samme sted i begge retninger. Derfor er det tatt ut ulykkesdata på enhetsnivå (data for hvert enkelt involvert kjøretøy) og sortert kjøretøyene etter hvilken retning de kjørte i. For utforkjøringsulykker utgjør ikke dette noe problem i og med at det kun er ett involvert kjøretøy. For møteulykker er der minst to involverte kjøretøy. For møteulykker er det valgt å se på kjørefeltsdata kun for kjøretøyet som er registrert som enhet A. Dette gjøres fordi politiet gir det de mener er utløsende kjøretøy benevnningen «enhet A», og når det sees på sammenheng mellom tverrfall og ulykker så er det utløsende kjøretøy som eventuelt mister kontrollen på grunn av ugunstig tverrfall. Det er selvfølgelig en viss usikkerhet i dette fordi det ikke kan kontrolleres hvordan politiet har vurdert hva som er utløsende kjøretøy i hvert enkelt tilfelle. Allikevel er det min mening at dette er den beste måten å gjøre det på. Tverrfallet for motgående kjørefelt kan i prinsippet ha vært en medvirkende faktor til ulykken, men analysen avgrenser seg altså til å se på tverrfallet for kjørefeltet hvor den utløsende enhet har kjørt.

Antall utforkjørings- og møteulykker på 2-feltsveier i utvalget er 605. 25 av disse ulykkene skjedde på steder der det var mer enn 10 meter til nærmeste spormåling. Disse ulykkene er tatt ut av analysen fordi sannsynligheten for at spormålingene kan være feil er for stor. Antall ulykker som er med i analysen er derfor 580.

2.6.2 UAG-data

UAG-data er hentet fra rapportarkivet til UAG. UAG er ulykkesanalysegruppa i Statens vegvesen og de analyserer alle dødsulykker i Norge. Rapportene er grundige gjennomganger av omstendighetene som har ført til ulykken og omfanget av ulykken. Dybden og bredden i disse rapportene gjør at tilgjengelig informasjon i disse ulykkene er mye større enn for ulykker som ikke ble dødsulykker. Innblikk i disse ulykkesrapportene gjør det mulig å se på andre bakenforliggende faktorer for en ulykke. I min analyse er det kun aktuelt å se på

ulykker der ugunstig tverrfall er nevnt som en medvirkende årsak til ulykken. Antall ulykker der dette er aktuelt er forholdsvis få. Dette kommer jeg nærmere inn på i kapittel 5.6 «Dødsulykker for hele landet (UAG-analyser)».

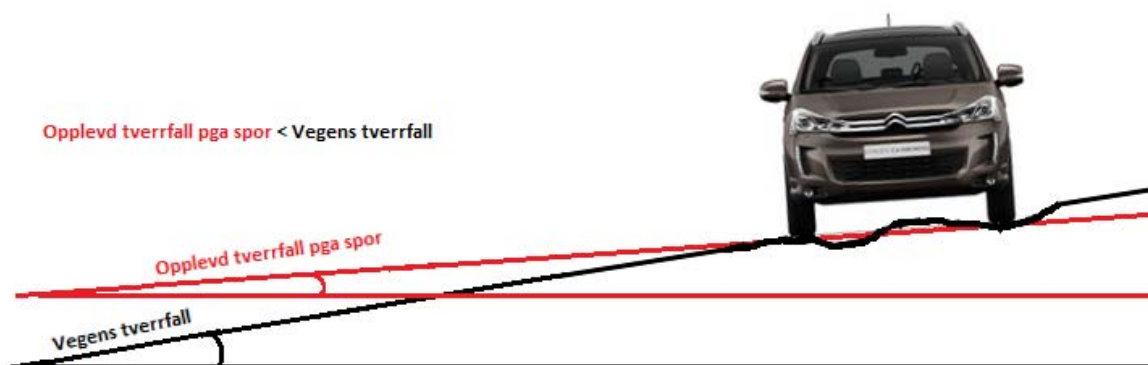
2.7 Spor i vegbanen

Dype spor i vegbanen kan føre til at man opplever et annet tverrfall enn det som er målt for vegen.



Bilde 2: Eksempel på spormåling for ett kjørefelt i en kurve.

Kurven i bildet over er en venstrekurve med horisontalkurveradius på -1280 meter og spordybde på 9,2 millimeter. Tverrfallet er på 3,6 %. Tverrfallet om man ligger med hjulene skjevt i hjulsporene vil oppleves som annerledes enn 3,6 % fordi tverrhelningen på bilen avhenger av hvor i sporene hjulene ligger. Ligger for eksempel indre hjulpar (hjulene som er nærmest senter av vegbanen) nede i sporet, mens ytre hjulpar er utenfor hjulsporene, vil det opplevde tverrfallet for kjøretøyet være slakere enn det reelle tverrfallet, og omvendt. Se illustrasjon i bilde 3. Jeg ser ikke nærmere på denne problematikken i min analyse.



Bilde 3: Illustrasjon som forklarer forskjellen mellom målt og opplevd tverrfall grunnet spor i vegbanen.

3. Litteraturgjennomgang.

I dette kapitlet går jeg gjennom aktuell litteratur for temaet tverrfall og ulykker. Det finnes noen studier som ser på hvilken effekt tverrfall har på ulykkessituasjonen, men de fleste studier ser på temaet i sammenheng med andre faktorer ved veien. Det er også de siste årene skrevet tre masteroppgaver ved NTNU som omhandler tverrfall og ulykker. I dette kapitlet vil jeg gi en rask gjennomgang av resultatene ved de forskjellige utgivelsene og i det videre se det i sammenheng med mine resultater. Når det kommer til masteroppgavene ved NTNU er det interessant å se på forskjeller i metoder for analyse både seg imellom og i forhold til min analyse. Det er også forskjeller i valg av strekninger som er analysert.

3.1 TØI`s Trafikksikkerhetshåndbok

Fra TØI`s Trafikksikkerhetshåndbok har jeg først sett på generell trafikksikkerhetsteori. Deretter har jeg sett på analyser innen temaet tverrfall og ulykker.

Trafikksikkerhetshåndboken skal finkjemme markedet for studier innen gitte temaer. Det er grunn til å tro at de fleste relevante studier om sammenhengen mellom tverrfall og ulykker er referert til her. Jeg har allikevel i tillegg gjort søk i forskjellige andre fora (bl.a. trid.trb.org) Funnene i rapportene er tvetydige. Jeg går nærmere inn på resultatene i disse analysene i det følgende.

3.1.1 TØI`s Trafikksikkerhetshåndbok, 4. utgave

(Høye, A., Elvik R., Sørensen M.W.J., Vaa T.)

Trafikksikkerhet defineres i Trafikksikkerhetshåndboken (TS-hb) på tre forskjellige måter.

1. Forventet ulykkestall, eller forventet skadetall
 - Gjennomsnittlig antall ulykker (eller skadde personer) per tidsenhet som vil skje i det lange løp ved uendret trafikkmengde og uendret risikonivå.
2. Befolkningens helserisiko knyttet til trafikkskader
 - Antall skadde eller drepte per for eksempel 100.000 innbyggere per år.
3. Trafikkens systemrisiko
 - Antall skadde eller drepte personer per for eksempel million personkilometer.

I min analyse er det mest nærliggende å se på trafikkens systemrisiko fordi jeg skal se på ulykkesrisikoen i forbindelse med en faktor (ugunstig tverrfall) som gjentas likt for alle trafikanter. Hvis en faktor i vegsystemet er permanent kan det vurderes om faktoren er trafikkfarlig ved å se på ulykkesfrekvensen der faktoren er gjeldende og sammenligne det med ulykkesfrekvensen der faktoren ikke er gjeldende. Altså se om det er flere ulykker per passering der faktoren er gjeldende enn der den ikke er gjeldende. Hvis dette er tilfelle må det videre vurderes om forskjellen i ulykkesfrekvens er stor nok til at faktoren kan ha vært medvirkende til at ulykkesfrekvensen er større der den er gjeldende.

Antall skadde personer i trafikken er bestemt av tre hovedgrupper av faktorer.

1. Trafikkmengden (eksponering), det vil si omfanget av reisevirksomhet og transport hvor ulykker kan skje.

2. Ulykkesrisikoen, det vil si sannsynligheten for å bli innblandet i en trafikkulykke per kilometer man ferdes i trafikken. Denne risikoen påvirkes av en lang rekke risikofaktorer, herunder ugunstig tverrfall
3. Skaderisikoen, det vil si sannsynligheten for at man blir skadet, gitt at man er blitt innblandet i en trafikkulykke.

I min analyse ser jeg på om ugunstig tverrfall påvirker *ulykkesrisikoen* i noen grad. Altså om ugunstig tverrfall øker sannsynligheten for at det skjer en trafikkulykke. For å vurdere dette må jeg ta hensyn til eksponeringen (trafikkmengden). Jeg må se ulykkestallene i sammenheng med eksponeringen både for steder med ugunstig tverrfall og gunstig tverrfall, for så å sammenligne situasjonene. Som nevnt, påvirkes ulykkesrisikoen av en lang rekke risikofaktorer. Litt av problemet med å vurdere en enkelt faktor er at jeg ikke vet om andre faktorer også påvirker ulykkesrisikoen der det har skjedd en ulykke. Dette må derfor være med i vurderingen av analyse-resultatene. Og det er noe av grunnen til at det er viktig med et stort utvalg. Om en faktor går igjen mye oftere der det skjer ulykker enn der det ikke skjer ulykker er det grunn til å mistenke at denne faktoren er en medvirkende årsak. Men det må også vurderes om denne faktoren går igjen som konsekvens av en annen faktor. I så fall kan det være at det er den andre faktoren som påvirker ulykkessituasjonen. I min analyse, der jeg ser på ugunstig tverrfall er horisontalkurveradien en slik «annen» faktor. Tverrfallet på vegen er avhengig av horisontalkurveradien. Minker horisontalkurveradien skal tverrfallsverdien øke. Forskning og ulykkestall viser at kurver med liten radius har generelt større ulykkesrisiko. Dette vil igjen si at det ofte er høye tverrfallsverdier der ulykkesfrekvensen er stor. Dette betyr ikke at høye tverrfallsverdier gir høy ulykkesfrekvens. Det er den krappe kurven som er risikofaktor mens tverrfallsverdien er en konsekvens av den krappe kurven. På den annen side vil manglende tverrfall i krappe kurver sannsynligvis påvirke ulykkessituasjonen på grunn av manglende sidekrefter i kurven. Derfor deler jeg opp analyse materialet etter intervall for kurveradien i min analyse i kapittel 5.

Det er også andre faktorer som påvirker ulykkesrisikoen, som for eksempel trafikantatferd, miljøfaktorer (for eksempel glatt veg), reisemåte eller kjøretøytype. Dette kommer jeg også nærmere inn på i analysekapitlet.

Jeg kommer også inn på skaderisikoen når jeg vurderer tiltak. Tiltak som reduserer skaderisikoen kan i noen tilfeller være rimeligere tiltak enn tiltak som reduserer ulykkesrisikoen.

3.1.2 An evaluation of alternative horizontal curve design approaches on rural two-lane highways.

(Voigt, A.P. (1996) Report TTI-04690-3, Texas Transportation Institute.)

Denne rapporten ser på alternative tilnæringer til hvordan kurver utformes på 2-felstveger. Det poengteres at tidligere studier påviser at det er større ulykkesfrekvens i kurver enn på rettstrekninger. Det vises til at det er svakheter i dagens forutsetninger for krav (i analysen henvises det til amerikanske krav, disse er sammenlignbare med norske krav) til tverrfall i kurver. Blant annet at det antas at sjåførere vil kjøre i den hastigheten som kurven er designet

for selv om vegens utforming for øvrig gir muligheten for å kjøre fortere. Analysen så blant annet på effekten av tverrfall på 85 %-fraktilen av fart i kurver.

Analysen fant at tverrfall hadde signifikant effekt på 85 %-fraktilen av farten i kurver. Jo mer tverrfallet økte i en kurve, jo mer økte hastigheten gjennom kurven.

Kurvens krapphet ble funnet at hadde en sterk sammenheng med ulykker. Bredde på kjørefelt ble ikke funnet som en signifikant variabel for ulykker, men det vises til at andre undersøkelser har funnet ut dette tidligere.

3.1.3 Analysis of accident reduction factors on California state highways.

(Hanley, K.A., Gibby, A. & Ferrara, T. (2000). Transportation Research Record, 1717, 37–45.)

Hanley m.fl. (2000) så på effekten av forskjellige tiltak og om de kunne redusere antall ulykker. Analysene ble gjort på statelige veger i California og omhandlet breddeutvidelse i kurver (kjørefelt- og skulderutvidelse), utslaking av kurver (curve corrections), forsterket oppmerking (rumble-strip), bedre drenering av vann i vegbanen (wet-pavement treatments) og tverrfall. I og med at det kun er tverrfall som er av interesse for min analyse, nevnes kun resultatene fra analysen som omhandler analyse av tverrfall i det videre.

Når det ble samlet inn data fant de at det var veldig få tilfeller hvor disse tiltakene fant sted i isolert form. Der et av disse tiltakene ble gjennomført ble med andre ord vanligvis ett eller flere andre tiltak også gjennomført. For eksempel oppretting av tverrfall og utslaking av kurve. Grupper av tiltak ble derfor analysert der dette var aktuelt.

Fordi justering av tverrfall vanligvis gjennomføres samtidig som skulderbreddeutvidelse konkluderer analysen med at de har for små tall til å kunne si noe om trafikksikkerhetseffekten av å justere tverrfall uten å gjøre andre tiltak. I artikkelen som er skrevet i forbindelse med studien kritiseres også Caltrans (California Department of Transportation) Traffic Safety Index Program for å ikke ta hensyn til påvirkningen av andre tiltak som er gjennomført parallelt når de har sett på effekten av justering av tverrfall.

3.1.4 Superelevation and roadway geometry. Deficiency at crash sites and on grades (Abridgement).

(Zador, P., Stein, H., Hall, J. & Wright, P. (1985). Insurance Institute for Highway Safety, Washington, D.C.)

Fra TØI`s Trafikksikkerhetshåndbok: Zador m.fl. (1985) sammenlignet tverrfallet på steder hvor det hadde skjedd dødsulykker med tverrfallet på lignende steder i nærheten av ulykken. De fant at det var manglende tilgjengelig tverrfall på steder hvor ulykkene hadde skjedd sammenlignet med de andre stedene.

3.1.5 Cost-Effective Geometric Improvements for Safety Upgrading of Horizontal Curves.

(Zegeer, C. V. et al. (1991). Report FHWA-RD-90-021. US Department of Transportation, Federal Highway Administration, Turner-Fairbank Highway Research Center, McLean, VA)

Zegeer m.fl. (1991) fant høyere ulykkesrisiko på veier der tverrfallet ikke tilsvarer AASHTO* retningslinjene. Det ble funnet en liten, men signifikant sammenheng mellom for lite tverrfall og ulykker. Forfatterne konkluderte med at kurver med manglende eller for lite tverrfall hadde en signifikant større ulykkesbelastning enn kurver med tilstrekkelig tverrfall. Tverrfallsmangelen (e_D) er definert som differansen mellom anbefalt tverrfall (e_R) (i henhold til «the Green book», som er den aktuelle vegnormalen i staten Washington, tilsvarende HbN100 i Norge) og faktisk tverrfall (e_A). Eller $e_D = e_R - e_A$.

Tabell 6 viser den prosentvise økning i risiko i kurver som følge av avvik på tverrfall.

Superelevation Deficiency	Accident Modification Factor
0.00	1.00
0.01	1.00
0.02	1.06
0.03	1.09
0.04	1.12

Tabell 6: Ulykkesrisikofaktor for avvik i tverrfall i kurver på 2-felts motorveger.

Studien fant for øvrig ingen sammenheng mellom *for mye* tverrfall og ulykker i sitt utvalg.

*AASHTO = American Association of State Highway and Transportation Officials

3.1.6 Effekt av overhøyde i kurver.

(Sakshaug, C. (1998). SINTEF rapport)

I denne analysen ser Sakshaug på hvilken innvirkning overhøyden (eller tverrfallet) i kurver har på ulykkesrisikoen. Datamaterialet besto av samtlige kurver med radius mindre enn 1000 meter på riks- og fylkesveger i Akershus, Rogaland, Møre og Romsdal og Sør-Trøndelag. I de flervariabelte analysene i rapporten inngår kun kurver med radius mindre eller lik 500 meter, totalt 10 160 kurver.

Resultatene i analysen viser at kurver med for liten overhøyde i forhold til vedlikeholdsstandarden ikke har høyere ulykkesrisiko enn kurver der overhøyde er i samsvar med eller er større enn vedlikeholdsstandarden. Analysen finner tvert om at det er en tendens at kurver med for stor overhøyde har større ulykkesfrekvens enn kurver med for lav overhøyde. Blant de signifikante variable er avvik fra overhøyde fra vedlikeholdsstandarden blant de som bidrar minst til å forklare variasjon i antall møte- og utforkjøringsulykker.

Sakshaug skriver videre at mulige forklaringer på dette kan være at det skjer adferdstilpasning blant sjåførene som er kjent på vegen slik at de kjører saktere i kurver med liten overhøyde og/eller fortere i kurver med stor overhøyde. En annen forklaring

Sakshaug er inne på går på at det er en tendens for at overhøyden har blitt økt i kurver der det har skjedd ulykker ved reasfaltering, men det legges til at det krever videre forskning for å si noe om disse forklaringene er reelle.

Det konkluderes med at en økning i overhøyden i kurver som hadde for liten overhøyde sannsynligvis ikke vil gi noen stor sikkerhetsgevinst, siden disse kurvene allerede hadde en liten ulykkesfrekvens. Men det kan ikke konkluderes med at kurver uten overhøyde er sikkerhetsmessig gunstig.

Ut fra nøyaktigheten i overhøyde-dataene som er brukt var det ikke mulig å se på i hvilken grad plutselige endringer i overhøyden (setninger) påvirker ulykkesrisikoen, og det foreslås at dette forskes videre på.

Det anbefales i rapporten at standard for overhøyde ikke fastsettes av dimensjoneringsklasse, men at krav til overhøyde er lik for alle veger uavhengig av dimensjoneringsklasse. At det er horisontalkurveradius som bestemmer krav til overhøyde slik det er i vedlikeholdsstandarden. Dette vil føre til et mer forutsigbart system for trafikantene.

Rapporten viser også til følgende punkter:

- Ulykkesfrekvensen er størst i kurver med radius på mellom 50 og 70 meter.
- Jo større standardbrudd kurven representerer i forhold til tilstøtende vegstrekning jo høyere ulykkesfrekvens.
- Jo større total retningsendring vegen gjør gjennom kurven, jo høyere ulykkesfrekvens.
- Risikoen for møte- og utforkjøringsulykker er høyere i 80- og 90-soner enn i 60- og 70-soner.

3.1.7 Vegdekkets tilstand og trafikksikkerhet.

(Christensen, P. & Ragnøy, A. (2006). Rapport 840/2006. Oslo: Transportøkonomisk institutt.)

Denne analysen har størst fokus på forhold mellom spordybde og ulykker. Den delen av analysen som går på betydning av tverrfall er ikke viet like mye oppmerksomhet. Analysen deler opp undersøkte veger i 100 meters strekninger. Det blir brukt en regresjonsanalyse for å se på forholdene mellom økt tverrfall og ulykkesfrekvens. Resultatene antyder at en endring på 1 % i tverrfall gir en økning på 0,95 % i relativ risiko for ulykke. Effekten av tverrfallsendringer er større for ulykker om vinteren og for utforkjøringsulykker enn for ulykker generelt. Det understrekes at de fleste utforkjøringsulykker skjer i kurver og at det i visse tilfeller vil være snakk om normal overhøydeoppbygging i forbindelse med horisontalkurver på 100-metersstrekningene.

I første rekke vil det være snakk om at endring i tverrfall vanligvis henger sammen med at vegen endrer til krappere horisontalkurve. Krappere horisontalkurveradius øker ulykkesrisikoen betraktelig i seg selv. Dette er påpekt i flere av studiene som er referert til tidligere (se blant annet Voigt, A.P. (1996)) i tillegg til min egen analyse av ulykkene jeg har

analysert i min oppgave. Analysen understreker for øvrig at utforkjøringsulykker oftere skjer i kurver og at dette kan ha en viss betydning for resultatene, men møteulykker skjer også hyppigere i krappe kurver. Konklusjonen i rapporten sier at tverrfall har betydning for utforkjøringsulykker og ulykker om vinteren, men ikke for andre ulykkestyper eller ulykker om sommeren.

3.2 Håndbøker fra Statens vegvesen

«Normaler og retningslinjer er kravdokumenter og de viktigste håndbøkene i Statens vegvesens håndbokhierarki. Normaler er hjemlet i lovverk og gjelder all offentlig veg/gate eller Statens vegvesen og andre myndigheter. Retningslinjer gjelder kun for riksveg og for Statens vegvesen, og er hjemlet i lovverk eller i instruks fra Vegdirektøren. Retningslinjene gjelder også for konsulenter og entreprenører som gjør oppdrag for Statens vegvesen. Fravik fra normaler skal fraviksbehandles.

Veiledninger er hjelpedokumenter som understøtter normalene og retningslinjene. De inneholder utdypende fagstoff utover det som står i normalene og retningslinjene og beskriver mer i detalj hvordan normalkravene kan brukes.

Håndbøkene revideres på ulike tidspunkt. Noen tema kan være overlappende mellom håndbøkene, noe det kontinuerlig jobbes med å luke bort. Dersom det er divergens i innhold mellom normal/retningslinje og veiledning, er det alltid normalen/retningslinjen som gjelder. Dersom det er divergens mellom en normal og retningslinje er det normalen som gjelder». (Kilde: vegvesen.no)

3.2.1 HbN100, Veg- og gateutforming

Håndbokens virkeområde gjelder utforming og standard ved planlegging og bygging av offentlige veger og gater. Håndboken deler opp i dimensjoneringsklasser etter trafikkmengde og fartsgrense. Kravene inneholder blant annet krav til tverrprofil, kryssløsninger, horisontal- og vertikalkurveradius.

I forbindelse med min masteroppgave som ser på tverrfall (overhøyde) er det krav for veger i dimensjoneringsklassene H2, (H3, 90 km/t), H4, (H5, 90 km/t), H7, H_ø1, H_ø2 og Sa3 som gjelder. Kravene til tverrfall avhenger av horisontalkurveradius og gis i tabellform. Kravene til H2-veg vises her som eksempel. For krav til resterende dimensjoneringsklasser henvises det til hbN100.

Tabell C.4: Prosjekteringstabell for H2

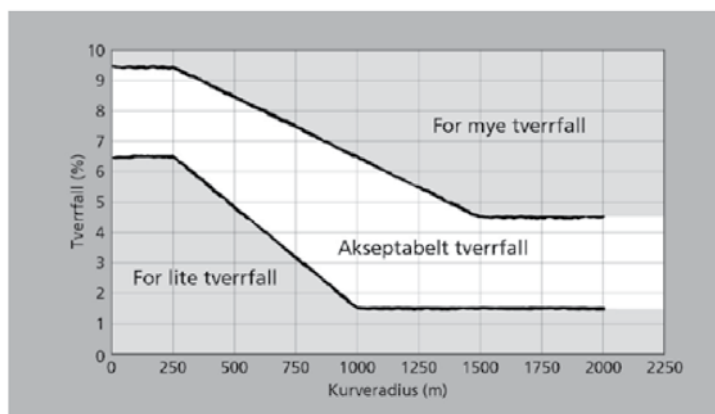
R_h^1	Horisontalkurvaturparametre							Vertikalkurvaturparametre						
	Nabokurve		Kloto- ide	Sikt lengde ²				$R_{v,høy}$	$R_{v,høy}^3$	$R_{v,lav}$	Over- høyde	Stig- ning	Res. fall	
	Min	Maks		Min	Stopp	$\Delta st1$	$\Delta st2$	Forbi	Min	Kryss	Min	e	Maks	Maks
250	250	400	125	115	-9	12	450	2800	-	1900	8,0	6,0	10,0	2
275	250	550	130	115	-9	12	450	2800	-	1900	8,0	6,0	10,0	2
300	250		140	120	-9	12	450	3000	-	1900	8,0	6,0	10,0	2
350	250		150	120	-9	12	450	3000	-	1900	8,0	6,0	10,0	2
400	250		160	120	-9	12	450	3000	6500	2000	8,0	6,0	10,0	2
450	270		170	120	-9	12	450	3000	6500	2000	8,0	6,0	10,0	2
500	270		180	125	-11	16	450	3300	7100	2000	8,0	6,0	10,0	2
550	275		190	125	-11	16	450	3300	7100	2000	8,0	6,0	10,0	2
600	280		195	125	-11	16	450	3300	7100	2000	8,0	6,0	10,0	2
700	290		215	125	-11	16	450	3300	7100	2000	8,0	6,0	10,0	2
800	290		220	125	-11	16	450	3300	7100	2000	7,5	6,6	10,0	2
900	290		225	125	-11	16	450	3300	7100	2000	7,0	7,1	10,0	2
1000	300		230	125	-11	16	450	3300	7100	2100	6,5	7,6	10,0	2
1200	300		235	125	-11	16	450	3300	7100	2100	5,6	8,0	10,0	2
1400	300		235	125	-11	16	450	3300	7100	2100	4,7	8,0	10,0	2
1600	300		235	125	-11	16	450	3300	7100	2100	3,7	8,0	10,0	2
≥ 1750	300		235	125	-11	16	450	3300	7100	2100	3,0	8,0	10,0	2

Tabell 7: Prosjekteringstabell for H2-veg fra hbN100.

3.2.2 HbR610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger

Håndboken gjelder for drift og vedlikehold av riksveger, men er også tilrettelagt slik at standarden kan brukes for fylkeskommunale og kommunale veger etter fylkeskommunens eller kommunens beslutning.

I håndboken står det at det skal være tilstrekkelig tverrfall for bortledning av vann. I tillegg er det utformet en figur som viser øvre og nedre krav til tverrfall ved utførelse av dekkevedlikeholdstiltak utløst av andre tilstandsparametre. Det er dette som er aktuelt å se nærmere på i min analyse.



Figur 4: Vedlikeholdsstandard for tverrfall (fra hbR610)

3.2.3 HbV120 Premisser for geometrisk utforming av veger

«Denne veiledende håndboken er grunnlagsmateriale for del C og D i hbN100. Disse delene beskriver standardkrav for henholdsvis bygging av nye veger og utbedring av veger. HbV120 forklarer og redegjør for de parametere som brukes ved konstruksjon av en veglinje, og det formelverket som disse parameterne inngår i. Forutsetninger og verdier som er lagt til grunn for linjeføringskravene er dokumentert. Videre forklarer den hvordan prosjekteringstabellene for veger i hbN100 er bygd opp. Den tar også opp utbedring av eksisterende veg, overgangen mellom tunnel/bru og veg, tilpassing til terrenget og forbikjøring».

3.3 Tidligere masteroppgaver, NTNU

3.3.1 En studie av sammenheng mellom horisontalkurvatur, tverrfall og trafikkulykker på vegnettet

(Natalia Bogdashova (2012))

Denne masteroppgaven fra NTNU ser på sammenhengen mellom horisontalkurvatur, tverrfall og trafikkulykker på E6 hp 1–15 i Sør-Trøndelag. I analysen er det sett på ulykker i en 10-årsperiode fra 2001 til 2010. Det er kun sett på møte- og utforkjøringsulykker. Analysen konkluderer med at det er en sammenheng mellom feil tverrfall og ulykkesrisiko, og at det er størst sammenheng når det sees på møteulykker. Sammenhengen mellom tverrfallsavvik og ulykkesfrekvens er størst i kurver med horisontalkurveradius mindre enn 500 meter.

At det er større sammenheng mellom tverrfallsavvik og ulykkesfrekvens i kurver med horisontalkurveradius mindre enn 500 meter kan henge sammen med at det oftere er tverrfallsavvik i krappe kurver og at det er generelt høyere ulykkesfrekvens i krappe kurver. Tverrfallsavviket trenger derfor ikke nødvendigvis å være årsaken til dette funnet.

Masteroppgaven ser også på et kostnadsanslag for utbedring av tverrfall med feil større enn +/- 2 %. Tiltaket viser seg å være kostnadskrevenende.

3.3.2 Veg-geometriens betydning for trafikkulykker

(Fredrik Lofthaug (2014))

Denne masteroppgaven fra NTNU ser på om vegbredde, kjørefeltsbredde, spordybde eller manglende tverrfall påvirker antall ulykker. Oppgaven bruker ulykkestall fra perioden 2003 til 2012 i analysen. Vegstrekningen som er analysert er E6 i Nord-Trøndelag og deler av Nordland. I Nord-Trøndelag er det hp 1 til 32, mens i Nordland er det hp 1 og 2. Møte- og utforkjøringsulykker er mest vektlagt i analysen.

Vegstrekningen som ble analysert ble delt opp i tre delstrekninger. ÅDT og vegbredde ble sjekket opp mot ulykkesfrekvens. Det ble funnet ut at ulykkesfrekvensen var høyere jo lavere ÅDT og vegbredde var. I tillegg blir det poengtert at vegbredden på ulykkespunktene var lavere enn den gjennomsnittlige vegbredde på strekningen. Samme analyse ble gjort for tunge kjøretøy med lignende resultat. I begge analysene var forskjellen i ulykkesfrekvens

størst for utforkjøringsulykker. (Det var ca. fem ganger så høy ulykkesfrekvens for delen med lavest vegbredde og ÅDT som for den delen med størst vegbredde og ÅDT).

Analysen gikk videre med å velge ut fire strekninger på bakgrunn av tips fra en bergingssjåfør om hvor det skjer mange utforkjøringer. På disse strekningene viser analysen til at manglende tverrfall var den klart største faktoren for ulykker.

Deretter ble det sett nærmere på ti strekninger hvor det enten hadde skjedd mange ulykker eller ingen ulykker i utvalgsperioden. Det ble undersøkt om det var forskjell på strekningene med tanke på om tverrfall var innenfor eller utenfor kravene. Strekningene uten ulykker hadde en langt høyere andel tverrfall innenfor kravet enn strekningene med ulykker.

Det ble også i denne analysen gjort en vurdering med kostnad. Og vurderingen viser til at beregnede kostnader for å rette opp tverrfallet var høyere enn ulykkeskostnadene på strekningen totalt. Ulykkeskostnadene på strekningen er beregnet ut fra ti-årsperioden som er analysert (2003–2012).

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

(Jenny M Nerbøvik (2015))

Denne masteroppgaven fra NTNU ser på sammenhengen mellom veg-geometri, fart og trafikkulykker. Her begrenses også ulykkene i analysen seg til møte- og utforkjøringsulykker. Ulykkesdataene er fra ti-årsperioden 2005–2014 og omhandler E6, E39 og E136 i Møre og Romsdal, Sør-Trøndelag og Oppland. Veg-geometri omhandlet i denne analysen er i størst grad tverrfall og horisontalkurveradius. Fart ble analysert ved å se på forventet fartsnivå som ble beregnet ved hjelp av ikke-lineære regresjonsanalyser basert på fartsmålinger i kurver med 80 km/t i fartsgrense.

Resultatene i analysen viser til sammenheng mellom ulykkesfrekvens (høy) og for lite tverrfall. Det vises også til en sammenheng mellom ulykkesfrekvens (høy) og krappe kurver. Det ble funnet lite sammenheng mellom ulykkesfrekvens og tverrfallsavvik. Kurvene med for liten radius i forhold til dimensjonerende horisontalkurveradius ved beregnet fartsnivå, hadde større ulykkesfrekvens enn kurvene som oppfylte minstekravet.

Masteroppgaven anbefaler at det foretas en samfunnsøkonomisk analyse for å vurdere om det er kostnadseffektivt med tiltak for å rette ut krappe kurver og rette opp feil tverrfall.

3.3.4 Min analyse i forhold til de andre masteroppgavene fra NTNU

Min masteroppgave ser på noe av det samme som disse tre andre masteroppgavene gjør, men skiller seg fra alle tre i metode og analyseform. Først og fremst ser jeg på en opp mot 10 ganger lengre vegstrekning totalt. Dette gjør at jeg kan ha et ulykkesuttak over en kortere periode (5 år i stedet for 10 år), noe som gjør sannsynligheten for mulige feilkilder grunnet endring i vegforhold mindre. I tillegg vil et større analyseområde gi større sikkerhet i resultatene og at jeg har mulighet til å bygge opp en mer detaljert analyse for forskjellige typer kurver.

4. Metode

4.1 Kvantitativ analyse

Metoden for hovedanalysen i denne oppgaven er en kvantitativ metode. Store mengder data er samlet inn fra Norsk Vegdatabank (NVDB). Dataene som er samlet inn er hentet inn i flere uttak fra NVDB. Hoveduttakene har vært spormålinger og ulykker. Spormålingene som ligger inne i NVDB er for hver 20. meter av vegnettet og inneholder blant annet data om horisontalkurvatur, spordybde og tverrfall. Ulykkesdataene inneholder blant annet skadegrad, uhellstype og dato for ulykken. I tillegg er alle dataene som er tatt ut stedfestet med vegreferanse som gjør det mulig å koble sammen de forskjellige datauttakene. Dette gjør det mulig å finne nærmeste spormåling på punktene hvor ulykkene er stedfestet. I og med at spormålingene er gjort hver 20. meter, vil nærmeste spormåling til ulykken ligge maksimum 10 meter unna. I tillegg til disse uttakene er det gjort uttak for fartsgrenser og årsdøgntrafikk (ÅDT).

Alle disse uttakene er bearbeidet i Excel slik at det til slutt var to lister med data. En liste som har spormåling for hele vegnettet i utvalget hvor ÅDT-tall og registrert fartsgrense er implementert. Og en liste for ulykkene som har skjedd på vegene i utvalget hvor spormåling, ÅDT og fartsgrense er implementert.

Når disse to listene er utarbeidet kan analysearbeidet begynne. Da er det mulig å sammenligne data for spormålinger der ulykkene har skjedd med data for spormålinger for hele det utvalgte vegnettet. Dette vil gi indikasjoner på om spormålingene der ulykken har skjedd skiller seg ut fra spormålingene generelt. Dette vil igjen gi en indikasjon på ulykkesrisikoen ved forskjellige vegforhold. I denne analysen skal det undersøkes i hvilken grad forskjellige tverrfallsverdier har påvirkning på ulykkesrisikoen.

For å få et utvalg som inneholdt nok ulykker til å få et signifikant resultat var det nødvendig å ta ut data for et stort antall km veg (se kapittel 2). Dette har gjort bearbeidingen av data utfordrende. Mye på grunn av mengden data, men også med tanke på å finne en god metode for å sammenligne data. Blant annet var det viktig å ta hensyn til trafikkmengde på stedene der spormålingene er gjort. Dette er viktig fordi man må se på trafikkeksposeringen per punkt for å se på risiko. Det holder ikke å bare se på hvor mange punkter som finnes på vegnettet med gitte verdier. Det er derfor tatt med ÅDT-verdien på strekningene hvor punktene for spormåling er gjort. Dette gir en verdi for trafikkeksposering per målte punkt som gjør det mulig å si noe om hvor stor andel av trafikken som passerer de forskjellige spormålingsverdiene. Disse andelsverdiene kan igjen brukes til å sammenligne hvor mange ulykker som skjer på steder hvor de forskjellige verdiene for vegforhold finnes. Dette kan si oss noe om risikoen for ulykker på steder med de forskjellige vegforholdene fordi det kan sees på forhold mellom eksponering og ulykker.

4.2 Dybdeanalyser

For å få sett mer detaljert på i hvilken grad forskjellige forhold har hatt betydning for ulykker må man gjøre en kvalitativ analyse av detaljerte ulykkesanalyser. Jeg har derfor, i tillegg til hovedanalysen, sett på rapporter som dybdeanalyserer dødsulykker. Disse rapportene er

hentet fra Statens vegvesens Ulykkesanalysegruppe (UAG). Jeg har sett på alle dødsulykkene i hele Norge fra 2005 til 2014 og søkt etter ulykker hvor UAG har registrert geometriske forhold ved vegen som medvirkende årsak til ulykken. Deretter har jeg lest disse rapportene og funnet ut hvilke av ulykkene hvor ugunstig tverrfall var en faktor. I disse rapportene har jeg vært på leting etter andre medvirkende faktorer som kunne gi en utfyllende forklaring på hvorfor ugunstig tverrfall utgjorde en risiko.

4.3 Usikkerhet i utvalget

Spormålingene er fra 2014. ÅDT-tallene er fra 2014. Ulykkene er fra 2010–2014. Usikkerheten i dette er at spor og ÅDT kan ha endret seg i 5-årsperioden som ulykkene er tatt ut fra. På den annen side er det nødvendig å bruke en 5-årsperiode for ulykker for å få et stort nok datagrunnlag for ulykker. Fordelen med analysen er at summen av strekningene som er analysert er så stor at det faktisk holder med en 5-årsperiode med ulykkesdata for å få et bra datagrunnlag. Økt periode med ulykkesdata ville økt sannsynligheten for at tverrfallet har endret seg. Sannsynligheten for at tverrfallet endrer seg mye på 5 år ansees som akseptabel liten i og med at tverrfall vanligvis ikke rettes opp ved eventuell reasfaltering (selv om dette er krav i hbR610 der tverrfallet er utenfor vedlikeholdsstandarden). ÅDT endrer seg vanligvis mer eller mindre likt på de forskjellige vegene så forholdene mellom vegene er ganske lik.

Tverrfallsdataene som ligger inne i NVDB er hentet fra spormålingsverktøyene til statens vegvesen. Disse verktøyene er høyteknologiske lasere som er festet til biler. De skanner vegbane og sideareal og gir verdier for blant annet horisontalkurveradius og tverrfall. Dataene som er hentet inn fra disse målingene blir lagt inn i norsk vegdatabank (NVDB) med tall for hver 20. meter.

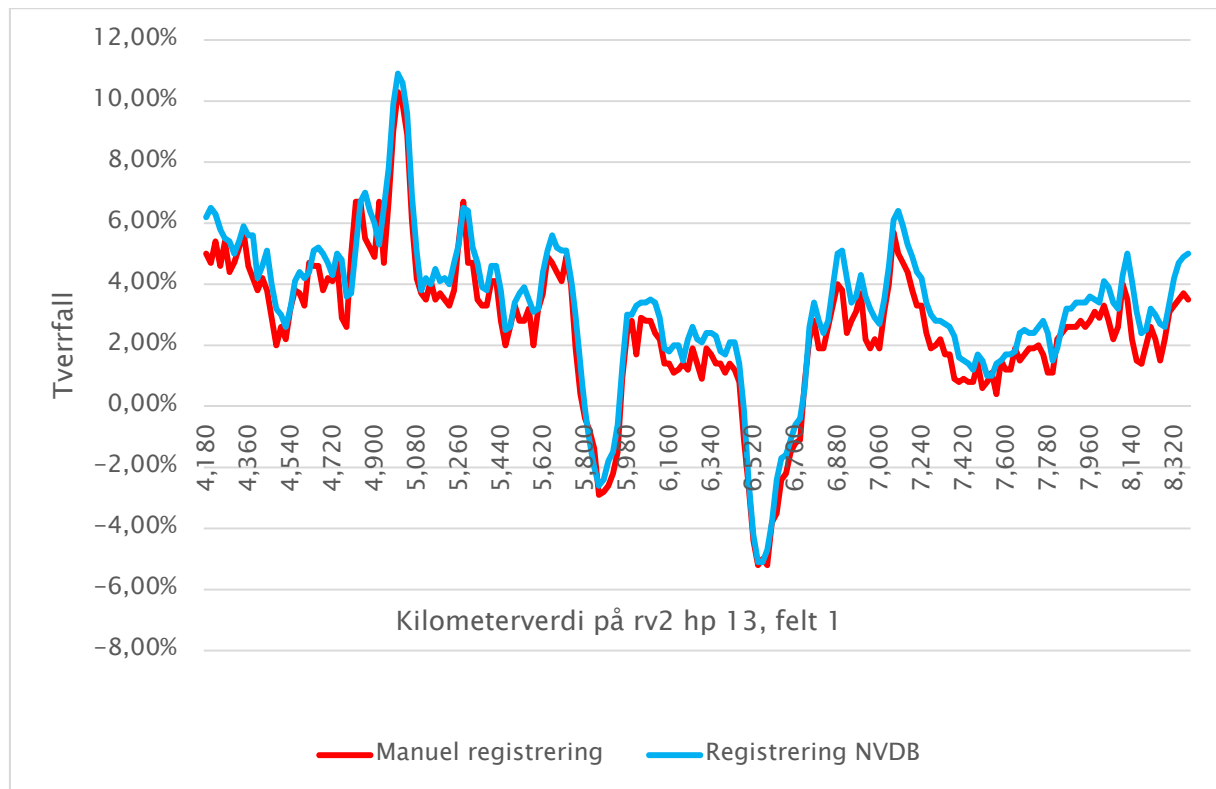


Bilde 4: Målebil for spor, ujevnheter og tverrfall. Foto: Torleif Haugødegård (SVV)

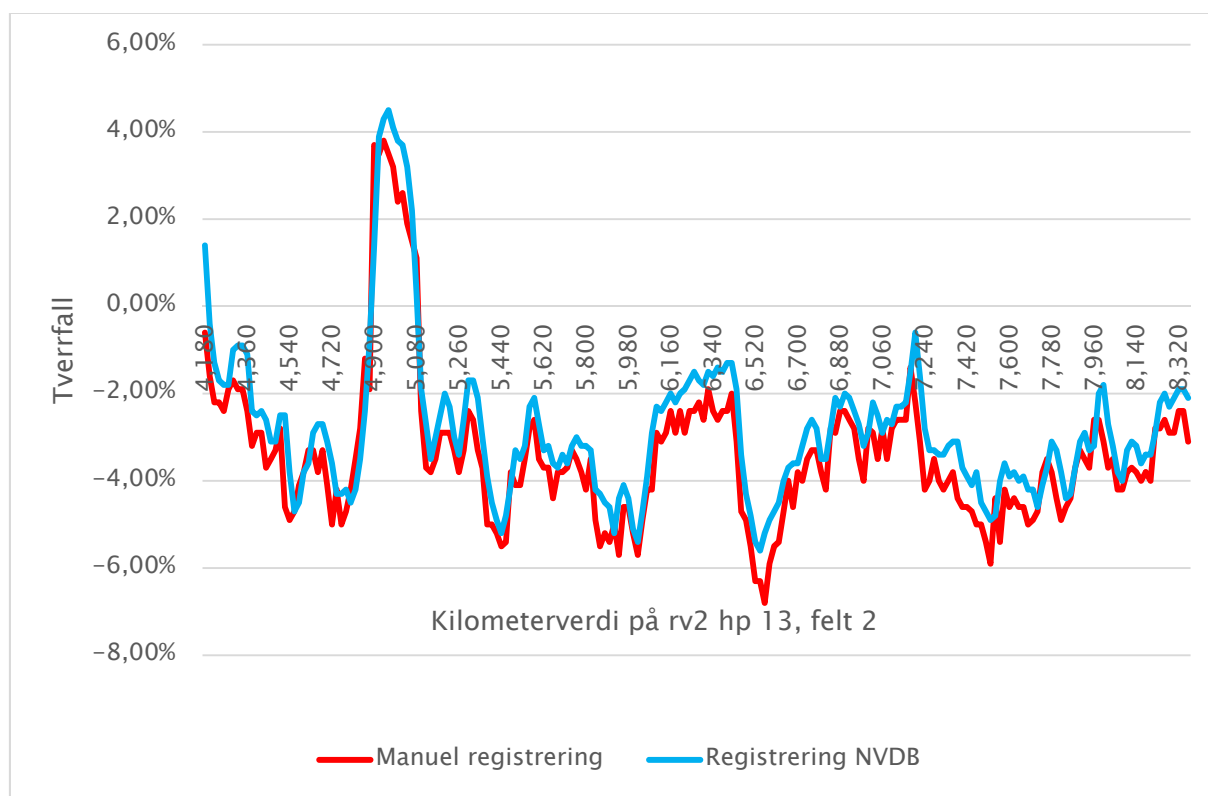
For å teste kvaliteten av tverrfallsdataene som ligger inne i NVDB ble det foretatt en stikkprøve med manuell måling på en utvalgt strekning på rv2 i Hedmark. Nærmere bestemt hp 13 m 4180 – 8340. Jon Haglund og Thomas Lindmo ved Trafikkteknikk og analyse

seksjonen på Ressursavdelingen i region øst, foretok denne manuelle målingen ved hjelp av digitalt vater. Jeg benyttet de manuelle målingene og sammenlignet dem med tallene som ligger inne i NVDB. Sammenligningen viser at målingene stemmer godt overens. Dette vises i figur 5 og 6 hvor de manuelle målingene og målingene som ligger i NVDB er satt sammen i samme figur.

Dette gir grunnlag for å stole på spormålingsdataene som ligger inne i NVDB.



Figur 5: Tverrfallsdata på rv2 hp 13 m 4180–8340, felt 1, ved manuell måling og registrert tverrfall i NVDB.



Figur 6: Tverrfallsdata på rv2 hp 13 m 4180–8340, felt 2, ved manuell måling og registrert tverrfall i NVDB.

Videre er det en viss usikkerhet knyttet til at tverrfallsverdier i noen tilfeller kan variere over korte avstander, og at stedfesting av ulykker ikke kan ventes å være nøyaktig på meteren der ulykken skjedde. I tillegg kan vanskelige kjøreforhold grunnet manglende tverrfall ha gjort seg gjeldende noen meter før stedet hvor ulykken skjedde, altså et annet sted enn der ulykken er stedfestet i ulykkesregisteret. Det må for øvrig godtas slike usikkerheter i utvalget fordi det ikke finnes mer nøyaktig ulykkesdata tilgjengelig. I tillegg er det viktig å huske at årsakene til ulykker er sammensatte og det er ikke sikkert at vegforholdene har hatt noe å si for ulykken selv om forholdene ved vegen der en ulykke har skjedd er utenfor det man anser som god vegstandard. Det er derfor viktig å ha et stort utvalg slik at sannsynligheten for om andre forhold var medvirkende reduseres. Om mange ulykker skjer på steder med et bestemt vegforhold og dette vegforholdet utgjør en liten andel av trafikkesponeringen kan det tyde på at dette bestemte vegforholdet har en medvirkende årsak til at ulykkene skjer der, selv om vegforholdene ikke nødvendigvis har hatt betydning for alle ulykkene som har skjedd på disse stedene.

4.4 Fremstilling av resultat

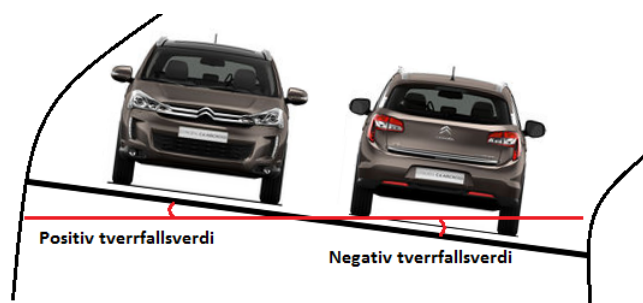
Resultatene fremstilles både i tabellform og grafisk. Fremstillingene er delt opp etter intervall for horisontalkurveradius. Innenfor hvert intervall er verdiene for trafikkesponering regnet om til prosent. Ulykkestallene er vist i antall i en sekundærakse. På denne måten kan vi sammenligne tverrfallsverdier der ulykker har skjedd med hvor stor andel av trafikkesponeringen punktene med disse tverrfallsveridene har hatt.

Tanken bak analysen er å se om det er samsvar eller mismatch mellom hvilke verdier som gjelder for trafikkeneksponeringen og ulykkene. Om mismatchen er stor vil det antyde at tverrfallsverdiene der ulykkene skjer øker sannsynligheten for ulykke mye. Er mismatchen liten eller fraværende antyder det at tverrfallsverdiene ikke påvirker ulykkesrisikoen i noe særlig grad.

Det hadde også vært ønskelig å sett på tverrfallets påvirkning på forskjellige kjøretøystyper. Mest med tanke på motorsykel og vogntog. Analyse materialet inneholdt for øvrig for få ulykker med disse enhetstypene for at jeg kunne gjøre en god analyse, så dette aspektet med analysen måtte jeg la ligge.

5. Analyse

I analysen er horisontalkurveradiene delt opp i intervaller. De er delt opp i kurver med horisontalkurveradius fra 0 til 250 meter, 250–500 meter, 500–1000 meter, 1000–1750 meter og rettstrekninger (horisontalkurveradius større enn 1750 meter). Horisontalkurveradiene med negativ verdi vil si venstrekurver og positive verdier vil si høyrekurver. Tverrfallet skal ha negativ verdi i høyrekurver og positiv verdi i venstrekurver, se illustrerende figur under.



Bilde 5: Forklaring av positive og negative tverrfallsverdier.

Som nevnt i litteraturkapitlet er det i hbR610, Standard for drift og vedlikehold av riksveger, en øvre og nedre grense for akseptabelt tverrfall i en vedlikeholdsstandard (se figur 4). Ser man på hele det utvalgte vegnettet (det vil si alle kurver og rettstrekninger) ser man at en liten, men signifikant større andel av møte- og utforkjøringsulykkene skjedde på steder hvor tverrfallet var utenfor vedlikeholdsstandarden enn andel av trafikkeksponeeringen, selv om forskjellen ikke er stor. Se tabell 7 og 8 under (for visning av utregning se vedlegg 1).

Ulykker	
Antall observasjoner	589
Antall utenfor vedlikeholdsstandard	261
Estimert andel utenfor vedlikeholdsstandard	44 %
Standardfeil på middelverdien	0,0205
95% konsekvensintervall.	
Nedre grenseverdi (95 % k.i.)	40 %
Øvre grenseverdi (95 % k.i.)	48 %

Tabell 7: Øvre og nedre grenseverdi med 95 % konfidensintervall for om ulykker skjer på steder som er utenfor vedlikeholdsstandarden for tverrfall.

Trafikkeksponering	
Antall observasjoner	565612130
Antall utenfor vedlikeholdsstandard	220184934
Estimert andel utenfor vedlikeholdsstandard	39 %
Standardfeil på middelverdien	0,0000
95% konsekvensintervall.	
Nedre grenseverdi	39 %
Øvre grenseverdi	39 %

Tabell 8: Øvre og nedre grenseverdi med 95 % konfidensintervall for hvor stor andel av trafikkeksponeeringen som er på steder hvor tverrfallet er utenfor vedlikeholdsstandarden.

Tabell 7 og 8 viser at 40–48 % av møte- og utforkjøringsulykkene og at 39 % av trafikkesponeringen skjer på steder hvor tverrfallet er utenfor vedlikeholdsstandarden. Dette tyder på at det er sannsynlig at om tverrfallet er utenfor vedlikeholdsstandarden øker det risikoen for møte- og utforkjøringsulykker noe. Man må for øvrig gå mer detaljert til verks for å kunne si noe om virkningen av forskjellige tverrfallsverdier på ulykker. Den videre analysen deler derfor opp vegnettet etter intervaller basert på horisontalkurveradius. Dette vil gi et mer detaljert innblikk i problematikken.

Når dataene deles opp på denne måten ser man blant annet at avstand til vedlikeholdsstandarden er forskjellig for forskjellige kurver. Avstanden til vedlikeholdsstandard når verdien er utenfor er ikke ubetydelig, så dette må vurderes i tillegg til om verdien er innenfor eller utenfor vedlikeholdsstandarden.

5.1 Trafikkesponering

Trafikkesponering er i denne sammenheng, som nevnt i metode-kapitelet, summen av ÅDT-verdiene på alle punktene, målt hver 20. meter av vegnettet. Disse fiktive verdiene er omregnet til prosent og satt inn i tabellen under etter hvilke verdier for tverrfall de oppfyller innenfor de gitte intervallene for horisontalkurveradius. De mørkeste feltene med hvite tall viser intervall for innenfor vedlikeholdsstandard for tverrfall og feltene som har fargenyanse mellom den mørkeste og lyseste og svarte tall viser tall hvor det er mulig at tverrfallsverdien er innenfor vedlikeholdsstandarden. Årsaken til at det må vises til «mulig» innenfor vedlikeholdsstandarden er at verdiene for vedlikeholdsstandard endrer seg noe innenfor de forskjellige horisontalkurveintervallene. Se nærmere forklaring i kapittel 5.3. Tabell med trafikkesponeringsverdier er i vedlegg 3.

Tverrfall	Horisontalkurveradiusintervall								
	Innerkurve				Rettsrekning	Ytterkurve			
	0 til 250	250 til 500	500 til 1000	1000 til 1750	Rettsrekning	-1000 til -1750	-500 til -1000	-250 til -500	0 til -250
<-10 %	4 %	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
-10 %	5 %	2 %	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
-9 %	14 %	6 %	3 %	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
-8 %	18 %	18 %	8 %	2 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
-7 %	22 %	23 %	16 %	5 %	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %
-6 %	15 %	21 %	20 %	12 %	3 %	0 %	0 %	0 %	0 %
-5 %	10 %	14 %	22 %	21 %	6 %	1 %	0 %	0 %	0 %
-4 %	5 %	8 %	17 %	25 %	17 %	2 %	0 %	0 %	0 %
-3 %	3 %	4 %	9 %	20 %	28 %	3 %	1 %	0 %	0 %
-2 %	1 %	1 %	3 %	9 %	19 %	5 %	2 %	1 %	0 %
-1 %	1 %	0 %	1 %	3 %	9 %	7 %	3 %	2 %	1 %
0 %	1 %	0 %	0 %	1 %	4 %	8 %	4 %	3 %	2 %
1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	3 %	12 %	7 %	4 %	4 %
2 %	0 %	0 %	0 %	0 %	3 %	16 %	12 %	7 %	8 %
3 %	0 %	0 %	0 %	0 %	4 %	19 %	15 %	11 %	9 %
4 %	0 %	0 %	0 %	0 %	1 %	15 %	17 %	15 %	12 %
5 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	8 %	16 %	17 %	15 %
6 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	3 %	10 %	16 %	18 %
7 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	1 %	8 %	13 %	20 %
8 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	3 %	10 %	8 %
9 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	1 %	1 %	2 %
10 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	1 %
>10 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %

Tabell 9: Andel trafikkesponering fordelt på horisontalkurveradiusintervall og tverrfall.

5.2 Ulykker

Tabellen under viser hvor mange møte- og utforkjøringsulykker som skjedde på steder som oppfyller verdiene for tverrfall innenfor de gitte intervallene for horisontalkurveradius fra 2010 til 2014. Fargeinndelingen i tabellen er lik som for trafikkeksponering, altså etter om verdiene er innenfor eller utenfor vedlikeholdsstandard for tverrfall.

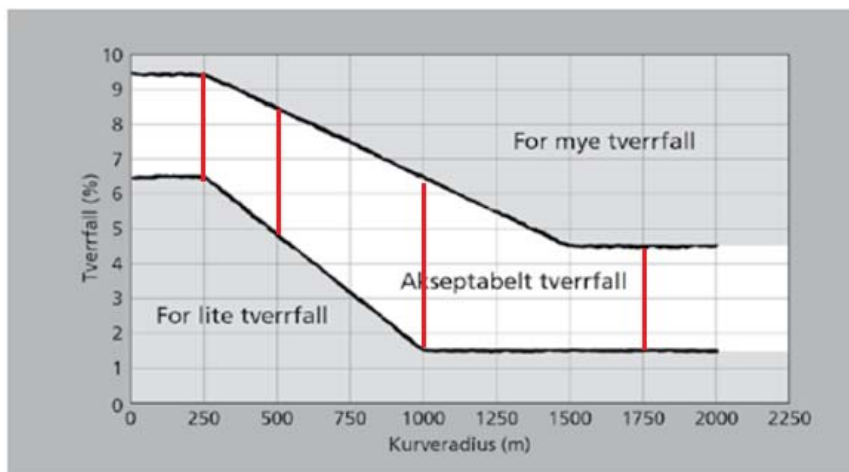
Tverrfall	Horisontalkurveradiusintervall								
	Innerkurve				Rettsrekning	Ytterkurve			
	0 til 250	250 til 500	500 til 1000	1000 til 1750	Rettsrekning	-1000 til -1750	-500 til -1000	-250 til -500	0 til -250
<-10 %	4	0	0	0	0	0	0	0	0
-10 %	2	0	1	0	0	0	0	0	0
-9 %	2	2	2	1	0	0	0	0	0
-8 %	9	12	2	1	3	0	0	0	0
-7 %	4	10	5	2	2	0	0	0	0
-6 %	1	9	15	3	8	0	0	0	0
-5 %	4	8	8	10	15	0	0	0	0
-4 %	0	1	8	10	42	0	0	0	0
-3 %	1	2	3	7	67	4	0	0	0
-2 %	1	0	4	3	58	5	1	0	0
-1 %	0	0	0	1	33	1	1	1	0
0 %	0	0	0	0	11	5	2	2	2
1 %	1	0	0	0	14	5	6	1	1
2 %	0	0	0	0	5	3	6	6	3
3 %	0	0	0	0	6	6	17	4	1
4 %	0	0	0	0	1	2	10	7	2
5 %	0	0	0	0	0	1	10	7	3
6 %	0	0	0	0	0	0	9	9	2
7 %	0	0	0	0	0	0	2	7	2
8 %	0	0	0	0	0	0	0	7	1
9 %	0	0	0	0	0	0	0	0	1
10 %	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>10 %	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabell 10: Ulykker fordelt på horisontalkurveradiusintervall og tverrfall.

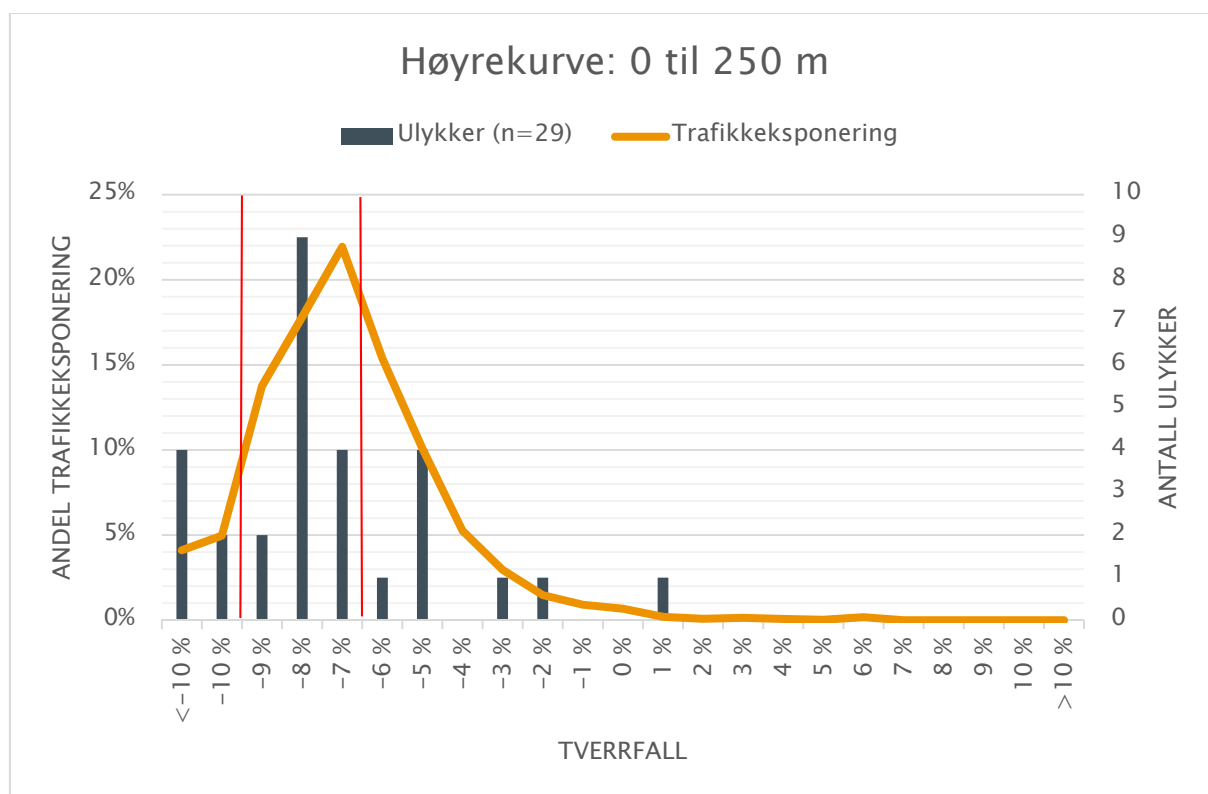
5.3 Grafisk fremstilling av resultatene

For å se resultatene på en bedre måte er resultatene av prosentutregningene for trafikkesponering satt inn i grafiske fremstillinger med antall ulykker. Andel av trafikkesponering og antall ulykker er plassert i samme figur for å sammenligne verdiene for begge faktorer. Intervall for vedlikeholdsstandarden er merket med røde linjer.

Figurene viser samlet verdier for ulykker og trafikkesponering for alle kurveradiene innen hvert enkelt intervall. De røde linjene som viser vedlikeholdsstandarden viser maks- og minimumsverdier for vedlikeholdsstandarden for hele intervallet. I og med at maks- og minimumsverdiene for vedlikeholdsstandarden for tverrfall endrer seg for forskjellige horisontalkurveradier mellom 250 og 1500 meter vil det si at enkeltpunkter kan være utenfor vedlikeholdsstandarden selv om figuren viser at den er innenfor. Når jeg har beregnet hvor stor andel av ulykkene som har skjedd der tverrfallsverdien er utenfor vedlikeholdsstandarden og sammenlignet med andel av trafikkesponeringen, har jeg sett på de eksakte verdiene for horisontalkurvatur og tverrfall. For eksempel er vedlikeholdsminimumsverdien for tverrfall i en kurve med radius 260 meter, 6 %. For intervallet 250–500 meter er minimumsverdien litt under 5 %. Det vil si at den grafiske fremstillingen vil vise denne verdien som innenfor vedlikeholdsstandarden mens den eksakte beregningen vil ha den utenfor vedlikeholdsstandarden. Dette vil føre til at andelen ulykker utenfor vedlikeholdsstandarden, som er kommentert i teksten under figurene, er høyere enn figuren antyder i noen tilfeller. Der dette er tilfelle er det kommentert med en fotnote. Figur 7 viser at akseptable tverrfallsverdier endrer seg innenfor hvert intervall. Jeg velger allikevel å vise maks- og minimumsverdiene for vedlikeholdsstandarden fordi det gir et bilde på hvor verdiene er i forhold til vedlikeholdsstandarden for intervallet.



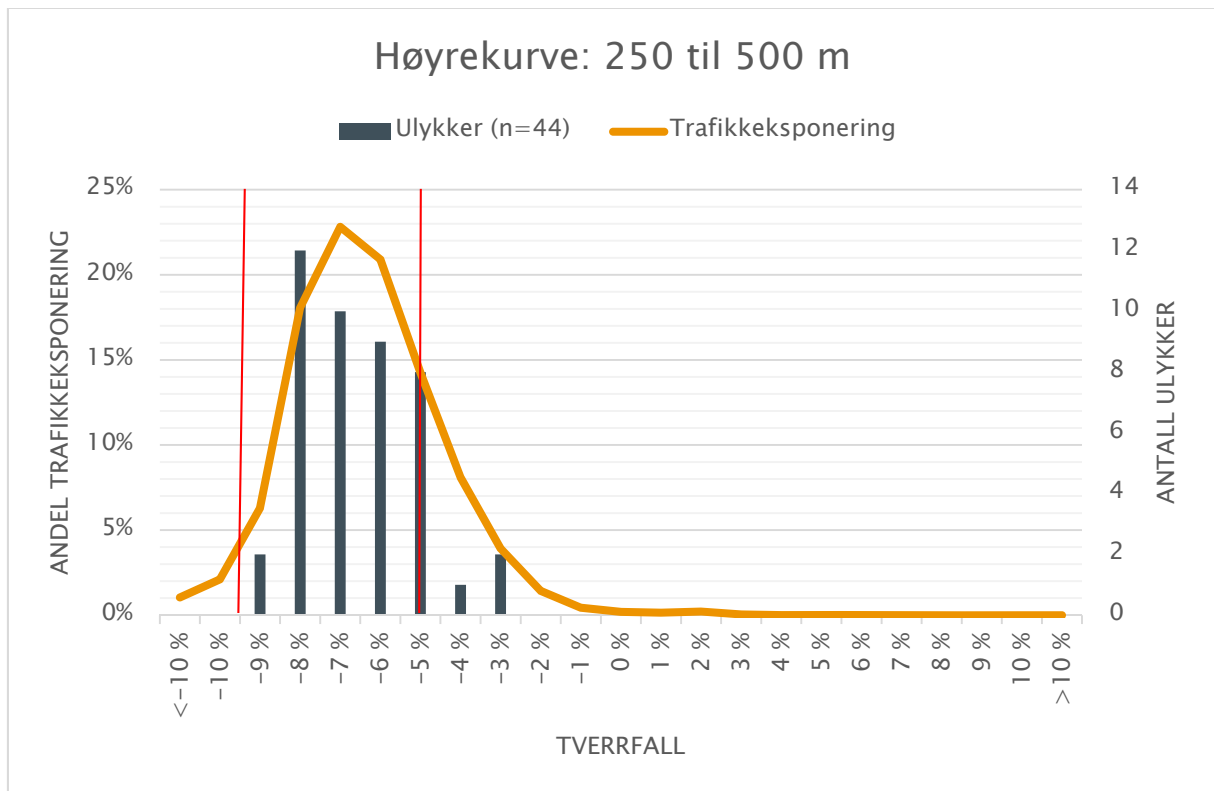
Figur 7: Akseptabelt tverrfall innenfor forskjellige horisontalkurvaturintervaller (markert med røde streker).



Figur 8: Andel av trafikkesponering og antall ulykker i høyrekurver med horisontalkurveradius på mindre enn 250 meter. Intervall for vedlikeholdsstandarden er merket med røde linjer.

For høyrekurver med horisontalkurveradius under 250 meter viser figur 8 at det meste av trafikkesponeringen skjer i kurver hvor tverrfallet er mellom -5 og -9 %. De fleste ulykkene skjedde i kurver med tverrfall på -8 %. Ellers skjedde ulykkene i stor grad der tverrfallsverdien også for trafikkesponeringen er høy. At ulykkene har skjedd i kurver der trafikkesponeringen er høy tyder på at det ikke har vært noen stor sammenheng mellom tverrfall og ulykker i kurvene med denne horisontalkurveradiusen. Man kan allikevel bemerke seg at det har skjedd fire ulykker der tverrfallet har lavere verdi enn -10 % (for mye tverrfall) og at en liten andel av trafikkesponeringen var i disse kurvene. Dette kan tyde på at det også kan være ugunstig med for mye tverrfall. I tillegg har det skjedd en ulykke hvor tverrfallet helte i feil retning.

Middelverdien for andel observasjoner utenfor vedlikeholdsstandarden for ulykker i høyrekurver med horisontalkurveradius mindre enn 250 meter er 52 %. Et konfidensintervall innenfor 95 % tilsier et resultat på mellom 34 % og 70 % (se utregning i vedlegg 1 og figur 17 for grafisk fremvisning). Middelverdien for trafikkesponering er 53 %. Antall observasjoner er her så høy at standardavviket for trafikkesponering ikke strekker seg i nevneverdig grad fra middelverdien. Disse resultatene viser at det ikke er noe signifikant større andel av ulykkene som skjer på steder hvor tverrfallet er utenfor vedlikeholdsstandarden i høyrekurver med horisontalkurveradius på mindre enn 250 meter i forhold til trafikkesponeringen.

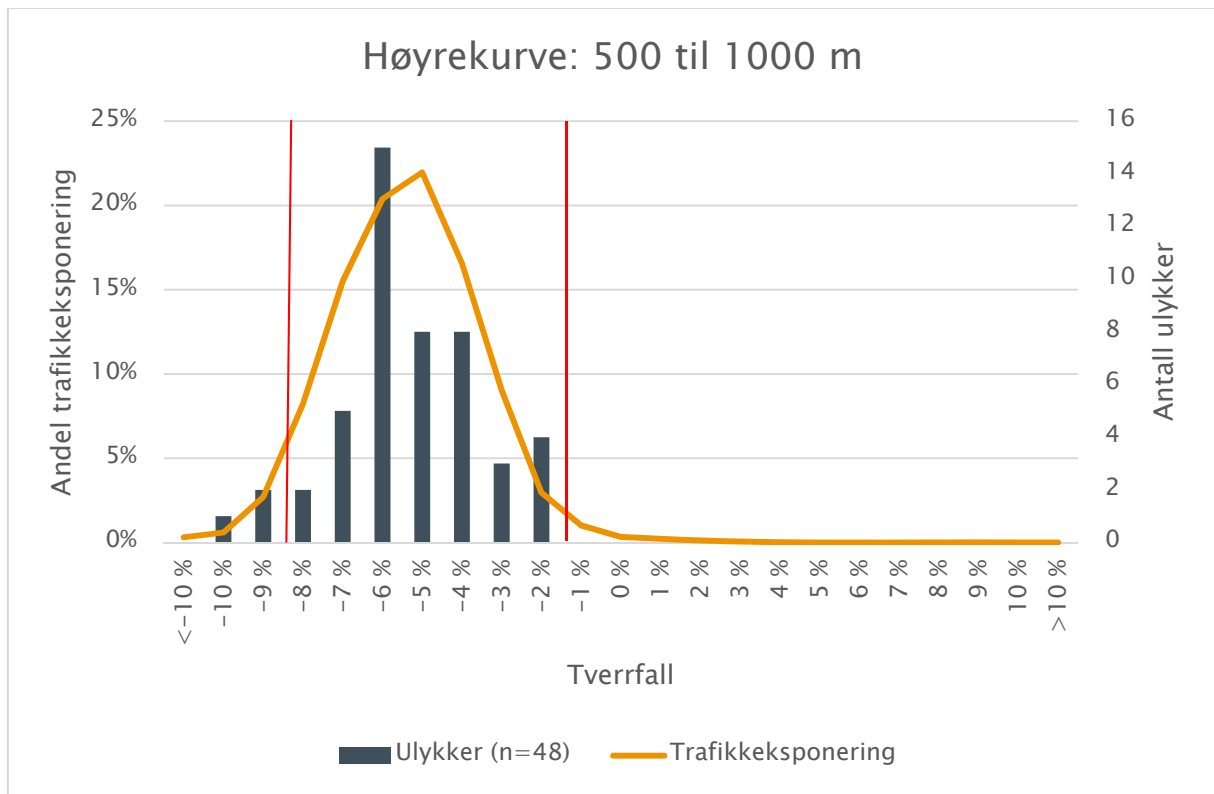


Figur 9: Andel av trafikkeksponering og antall ulykker i høyrekurver med horisontalkurveradius på mellom 250 og 500 meter. Intervall for vedlikeholdsstandarden er merket med røde linjer*.

For høyrekurver med horisontalkurveradius på mellom 250 og 500 meter viser figur 9 at det meste av trafikkeksponeringen skjer i kurver med tverrfallsverdier på mellom -5 og -8 %. Nesten alle ulykkene i disse kurvene skjedde hvor tverrfallsverdiene var innenfor dette intervallet.

Middelverdien for andel observasjoner utenfor vedlikeholdsstandarden for ulykker i høyrekurver med horisontalkurveradius mellom 250 og 500 meter er 32 %. Et konfidensintervall innenfor 95 % tilsier et resultat på mellom 18 % og 46 % (se utregning i vedlegg 1 og figur 17 for grafisk fremvisning). Middelverdien for trafikkeksponering er 36 %. Antall observasjoner er her så høy at standardavviket for trafikkeksponering ikke strekker seg i nevneverdig grad fra middelverdien. Disse resultatene viser at det ikke er noe signifikant større andel av ulykkene som skjer på steder hvor tverrfallet er utenfor vedlikeholdsstandarden i kurver på mellom 250 og 500 meter i forhold til trafikkeksponeringen. Faktisk er det slik at middelverdien for ulykker utenfor vedlikeholdsstandarden er lavere enn for trafikkeksponering for høyrekurver med horisontalkurveradius mellom 250 og 500 meter.

*Merkningen av vedlikeholdsstandarden gjelder for alle kurver mellom 250 og 500 meter og strekker seg fra -5 til -9,5 %. Intervallet for vedlikeholdsstandarden endrer seg for forskjellige kurveradier innen intervallet for kurver mellom 250-500 meter. Derfor vil ikke figuren vise det eksakt riktige antall ulykker som skjedde i kurver med tverrfallsverdier utenfor vedlikeholdsstandarden.

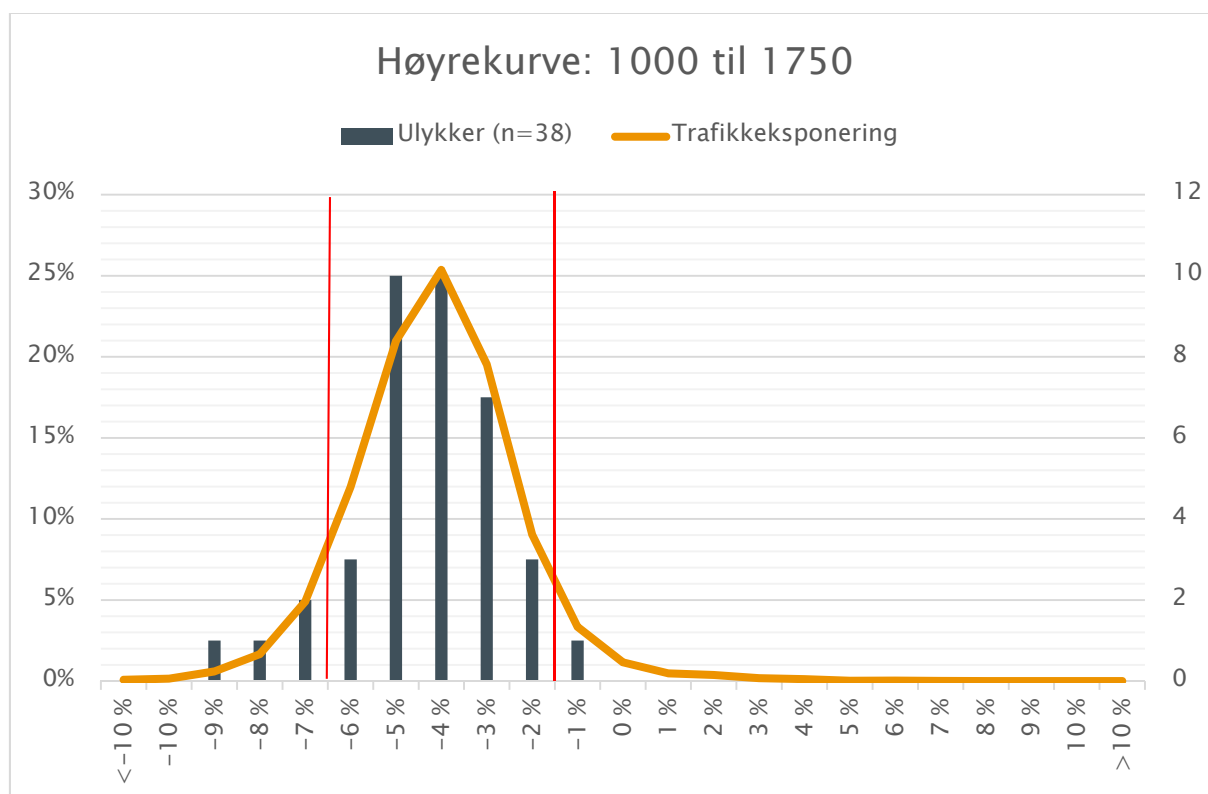


Figur 10: Andel av trafikkesponering og antall ulykker i høyrekurver med horisontalkurveradius på mellom 500 og 1000 meter. Intervall for vedlikeholdsstandarden er merket med røde linjer*.

For høyrekurver med horisontalkurveradius på mellom 500 og 1000 meter viser figur 10 at det meste av trafikkesponeringen skjer i kurver med tverrfallsverdier på mellom -3 og -8 %. De aller fleste ulykkene i disse kurvene skjedde også i kurver med verdier innenfor dette intervallet. Det er med andre ord et samsvar mellom trafikkesponering og ulykker i disse kurvene.

Middelverdien for andel observasjoner utenfor vedlikeholdsstandarden for ulykker i høyrekurver med horisontalkurveradius mellom 500 og 1000 meter er 25 %. Et konfidensintervall innenfor 95 % tilsier et resultat på mellom 13 % og 37 % (se utregning i vedlegg 1 og figur 17 for grafisk fremvisning). Middelverdien for trafikkesponering er 24 %. Antall observasjoner er her så høy for trafikkesponering at standardavviket ikke strekker seg i nevneverdig grad fra middelverdien. Disse resultatene viser at det ikke er noe signifikant større andel av ulykkene som skjer på steder hvor tverrfallet er utenfor vedlikeholdsstandarden i kurver på mellom 500 og 1000 meter i forhold til trafikkesponeringen.

*Merkingen av vedlikeholdsstandarden gjelder for alle kurver mellom 500 og 1000 meter og strekker seg fra -1,5 til -8,5 %. Intervallet for vedlikeholdsstandarden endrer seg for forskjellige kurveradier innen intervallet for kurver mellom 500-1000 meter. Derfor vil ikke figuren vise det eksakt riktige antall ulykker som skjedde i kurver med tverrfallsverdier utenfor vedlikeholdsstandarden.

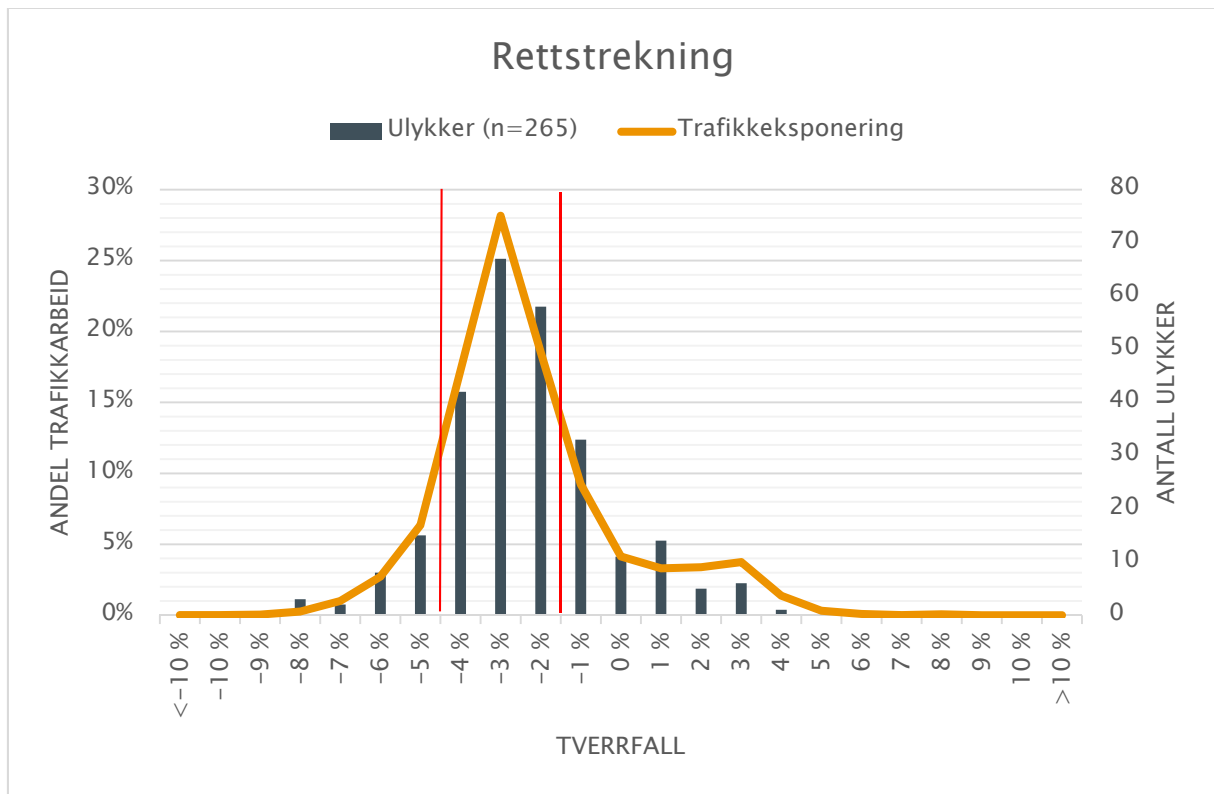


Figur 11: Andel av trafikkesponering og antall ulykker i høyrekurver med horisontalkurve radius på mellom 1000 og 1750 meter. Intervall for vedlikeholdsstandarden er merket med røde linjer*.

For høyrekurver med horisontalkurve radius på mellom 1000 og 1750 meter viser figur 11 at det meste av trafikkesponeringen skjer i kurver med tverrfallsverdier på mellom -2 og -6 %. De aller fleste ulykkene i disse kurvene skjedde også i kurver med verdier innenfor dette intervallet. Det er med andre ord et samsvar mellom trafikkesponering og ulykker i disse kurvene.

Middelverdien for andel observasjoner utenfor vedlikeholdsstandarden for ulykker i høyrekurver med horisontalkurve radius mellom 1000 og 1750 meter er 34 %. Et konfidensintervall innenfor 95 % tilsier et resultat på mellom 19 % og 49 % (se utregning i vedlegg 1 og figur 17 for grafisk fremvisning). Middelverdien for trafikkesponering er 34 %. Antall observasjoner er her så høy for trafikkesponering at standardavviket ikke strekker seg i nevneverdig grad fra middelverdien. Disse resultatene viser at det ikke er noe signifikant større andel av ulykkene som skjer på steder hvor tverrfallet er utenfor vedlikeholdsstandarden i kurver på mellom 1000 og 1750 meter i forhold til trafikkesponeringen.

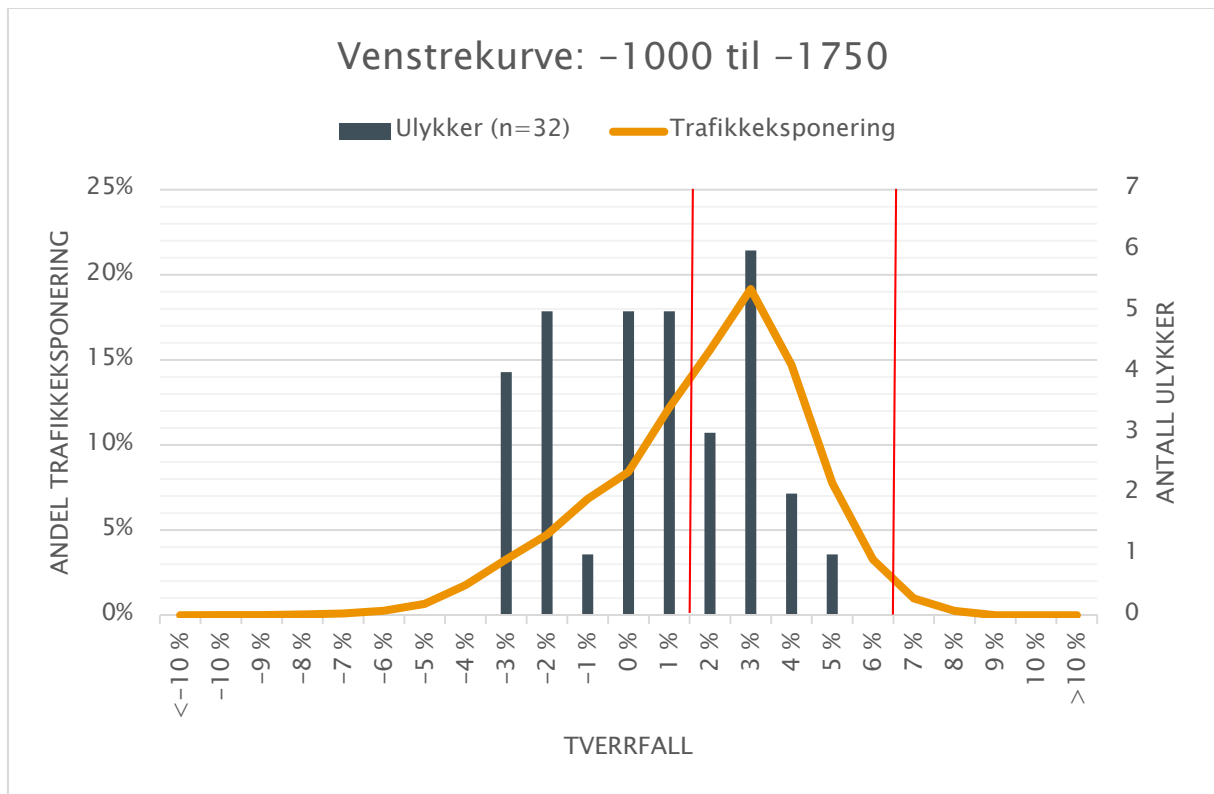
*Merkingen av vedlikeholdsstandarden gjelder for alle kurver mellom 1000 og 1750 meter og strekker seg fra -1,5 til -6,5 %. Intervallet for vedlikeholdsstandarden endrer seg for forskjellige kurveradier innen intervallet for kurver mellom 1000-1750 meter. Derfor vil ikke figuren vise det eksakt riktige antall ulykker som skjedde i kurver med tverrfallsverdier utenfor vedlikeholdsstandarden.



Figur 12: Andel av trafikkeksponering og antall ulykker på rettstrekning. Intervall for vedlikeholdsstandarden er merket med røde linjer.

For rettstrekninger viser figur 12 at det meste av trafikkeksponeringen skjedde på strekninger med tverrfallsverider mellom -2 og -4 %. De aller fleste ulykkene skjedde også på steder med tverrfallsverdier innenfor dette intervallet. Tallene tyder på at tverrfall ikke har hatt noen innvirkning for ulykkene på rettstrekning.

Middelverdien for andel observasjoner utenfor vedlikeholdsstandarden for ulykker på rettstrekning er 40 %. Et konfidensintervall innenfor 95 % tilsier et resultat på mellom 34 % og 46 % (se utregning i vedlegg 1 og figur 17 for grafisk fremvisning). Middelverdien for trafikkeksponering er 37 %. Antall observasjoner er her så høy for trafikkeksponering at standardavviket ikke strekker seg i nevneverdig grad fra middelverdien. Disse resultatene viser at det ikke er noe signifikant større andel av ulykkene som skjer på steder hvor tverrfallet er utenfor vedlikeholdsstandarden på rettstrekning i forhold til trafikkeksponeringen.

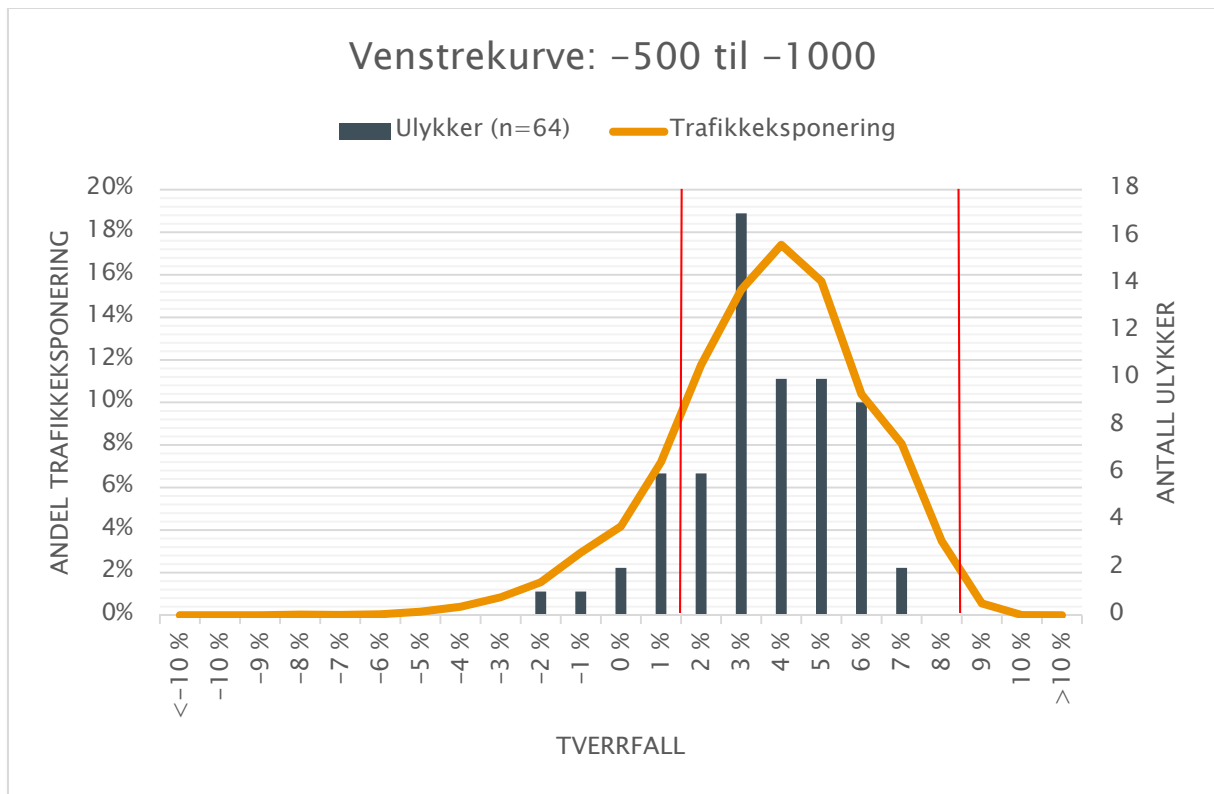


Figur 13: Andel av trafikkeksponering og antall ulykker i venstrekurver med horisontalkurveradius på mellom 1000 og 1750 meter. Intervall for vedlikeholdsstandarden er merket med røde linjer*.

For venstrekurver med horisontalkurveradius på mellom 1000 og 1750 meter viser figur 13 at det meste av trafikkeksponeringen skjer i kurver med tverrfallsverdier på mellom 0 og 5 %. De fleste ulykkene skjer i kurver der tverrfallet er lite eller heller i feil retning. Disse tallene antyder at det kan være en sammenheng mellom tverrfall og ulykker. Om tverrfallet heller i feil retning kan det gjøre at det er mer krevende å passere gjennom kurven. Når man ser på tallene i figur 13 kan det virke som om dette også preger ulykkessituasjonen i kurvene hvor dette er et tilfelle.

Middelverdien for andel observasjoner utenfor vedlikeholdsstandarden for ulykker i venstrekurver med horisontalkurveradius mellom 1000 og 1750 meter er 66 %. Et konfidensintervall innenfor 95 % tilsier et resultat på mellom 49 % og 82 % (se utregning i vedlegg 1 og figur 17 for grafisk fremvisning). Middelverdien for trafikkeksponering er 47 %. Antall observasjoner er her så høy for trafikkeksponering at standardavviket ikke strekker seg i nevneverdig grad fra middelverdien. Disse resultatene viser at det så vidt er en signifikant større andel av ulykkene som skjer på steder hvor tverrfallet er utenfor vedlikeholdsstandarden i kurver på mellom -1000 og -1750 meter i forhold til trafikkeksponeringen.

*Merkingen av vedlikeholdsstandarden gjelder for alle kurver mellom 1000 og 1750 meter og strekker seg fra 1,5 til 6,5 %. Intervallet for vedlikeholdsstandarden endrer seg for forskjellige kurveradier innen intervallet for kurver mellom 1000-1750 meter. Derfor vil ikke figuren vise det eksakt riktige antall ulykker som skjedde i kurver med tverrfallsverdier utenfor vedlikeholdsstandarden.

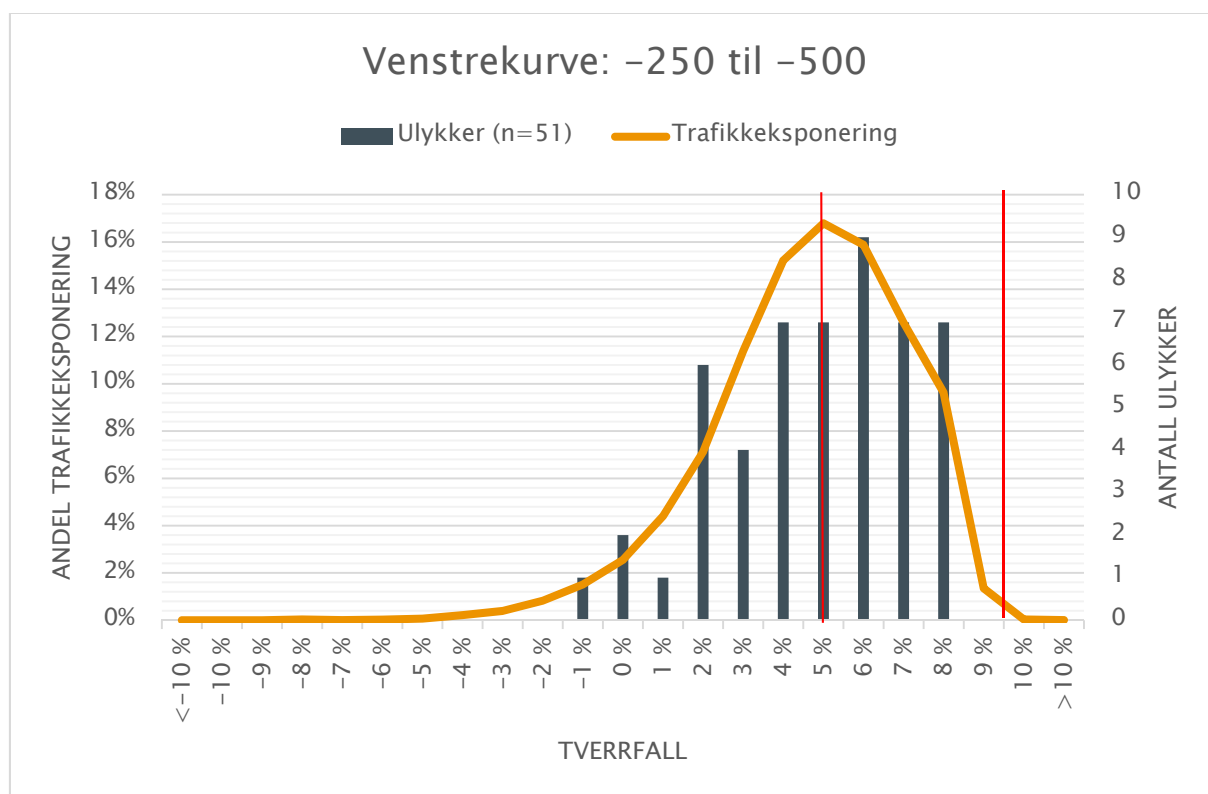


Figur 14: Andel av trafikkeksponering og antall ulykker i venstrekurver med horisontalkurveradius på mellom 500 og 1000 meter. Intervall for vedlikeholdsstandarden er merket med røde linjer*.

For venstrekurver med horisontalkurveradius på mellom 500 og 1000 meter viser figur 14 at det meste av trafikkeksponeringen skjer i kurver med tverrfallsverdier på mellom 2 og 6 %. De aller fleste ulykkene skjedde også i kurver med tverrfallsverdier innenfor dette intervallet. Det kan derfor virke som om tverrfallsveridene i disse kurvene ikke har påvirket den totale ulykkesituasjonen i disse kurvene.

Middelverdien for andel observasjoner utenfor vedlikeholdsstandarden for ulykker i venstrekurver med horisontalkurveradius mellom 500 og 1000 meter er 52 %. Et konfidensintervall innenfor 95 % tilsier et resultat på mellom 39 % og 64 % (se utregning i vedlegg 1 og figur 17 for grafisk fremvisning). Middelverdien for trafikkeksponering er 46 %. Antall observasjoner er her så høy for trafikkeksponering at standardavviket ikke strekker seg i nevneverdig grad fra middelverdien. Disse resultatene viser at det ikke er noe signifikant større andel av ulykkene som skjer på steder hvor tverrfallet er utenfor vedlikeholdsstandarden i kurver på mellom -500 og -1000 meter i forhold til trafikkeksponeringen.

*Merkingen av vedlikeholdsstandarden gjelder for alle kurver mellom 500 og 1000 meter og strekker seg fra 1,5 til 8,5 %. Intervallet for vedlikeholdsstandarden endrer seg for forskjellige kurveradier innen intervallet for kurver mellom 500-1000 meter. Derfor vil ikke figuren vise det eksakt riktige antall ulykker som skjedde i kurver med tverrfallsverdier utenfor vedlikeholdsstandarden.

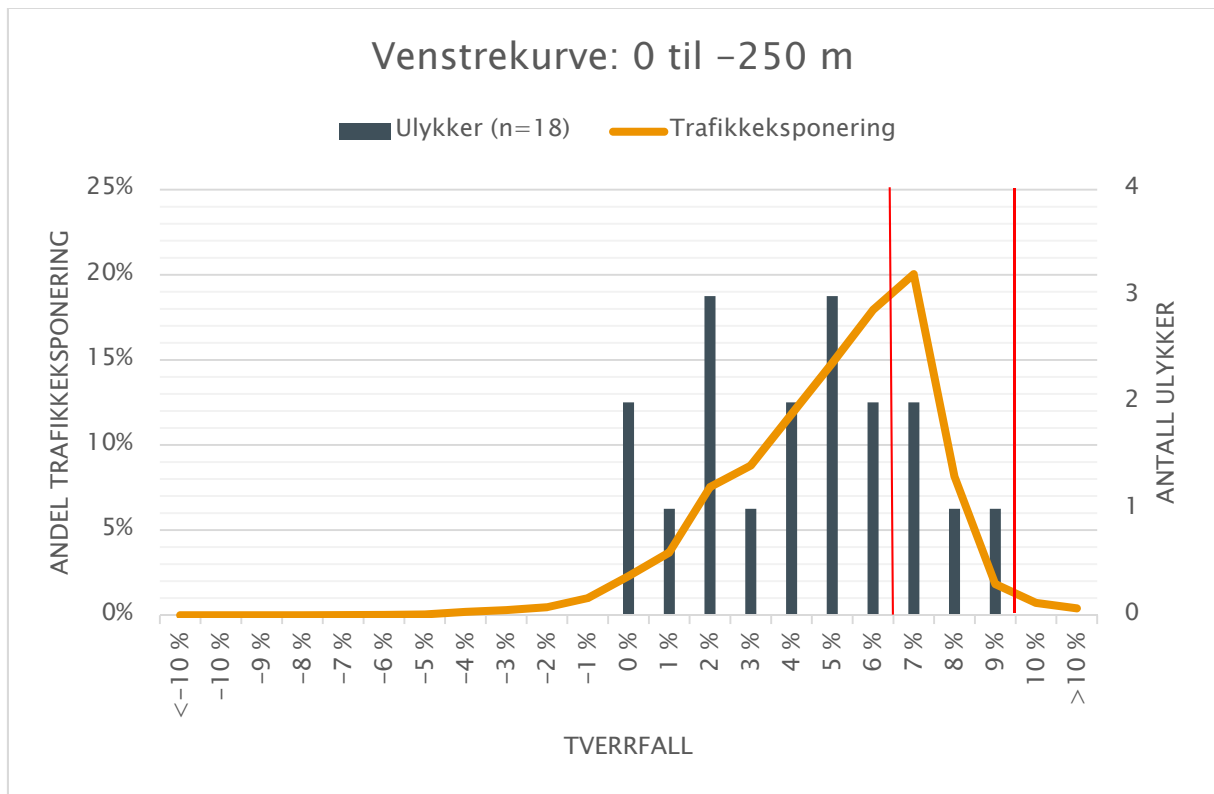


Figur 15: Andel av trafikkesponering og antall ulykker i venstre kurver med horisontalkurve radius på mellom 250 og 500 meter. Intervall for vedlikeholdsstandarden er merket med røde linjer*.

For venstre kurver med horisontalkurve radius på mellom 250 og 500 meter viser figur 15 at det meste av trafikkesponeringen skjer i kurver med tverrfallsverdier på mellom 3 og 8 %. Her ser vi at mye av trafikkesponeringen er i kurver hvor tverrfallsverdiene er utenfor vedlikeholdsstandarden. Vi ser også at en god del av ulykkene skjer i kurver hvor tverrfallsverdien er utenfor vedlikeholdsstandarden. Det er når tverrfallsverdien er for lav at ulykkene utenfor vedlikeholdsstandarden skjer, men i og med at så mye av trafikkesponeringen også er i slike kurver kan man ikke nødvendigvis si at ulykkesrisikoen er så mye høyere på grunn av manglende overhøyde (tverrfall).

Middelverdien for andel observasjoner utenfor vedlikeholdsstandarden for ulykker i venstre kurver med horisontalkurve radius mellom 250 og 500 meter er 65 %. Et konfidensintervall innenfor 95 % tilsier et resultat på mellom 52 % og 78 % (se utregning i vedlegg 1 og figur 17 for grafisk fremvisning). Middelverdien for trafikkesponering er 64 %. Antall observasjoner er her så høy for trafikkesponering at standardavviket ikke strekker seg i nevneverdig grad fra middelverdien. Disse resultatene viser at det ikke er noe signifikant større andel av ulykkene som skjer på steder hvor tverrfallet er utenfor vedlikeholdsstandarden i kurver på mellom -250 og -500 meter i forhold til trafikkesponeringen.

*Merkingen av vedlikeholdsstandarden gjelder for alle kurver mellom 250 og 500 meter og strekker seg fra 5 til 9 %. Intervallet for vedlikeholdsstandarden endrer seg for forskjellige kurveradier innen intervallet for kurver mellom 250-500 meter. Derfor vil ikke figuren vise det eksakt riktige antall ulykker som skjedde i kurver med tverrfallsverdier utenfor vedlikeholdsstandarden.



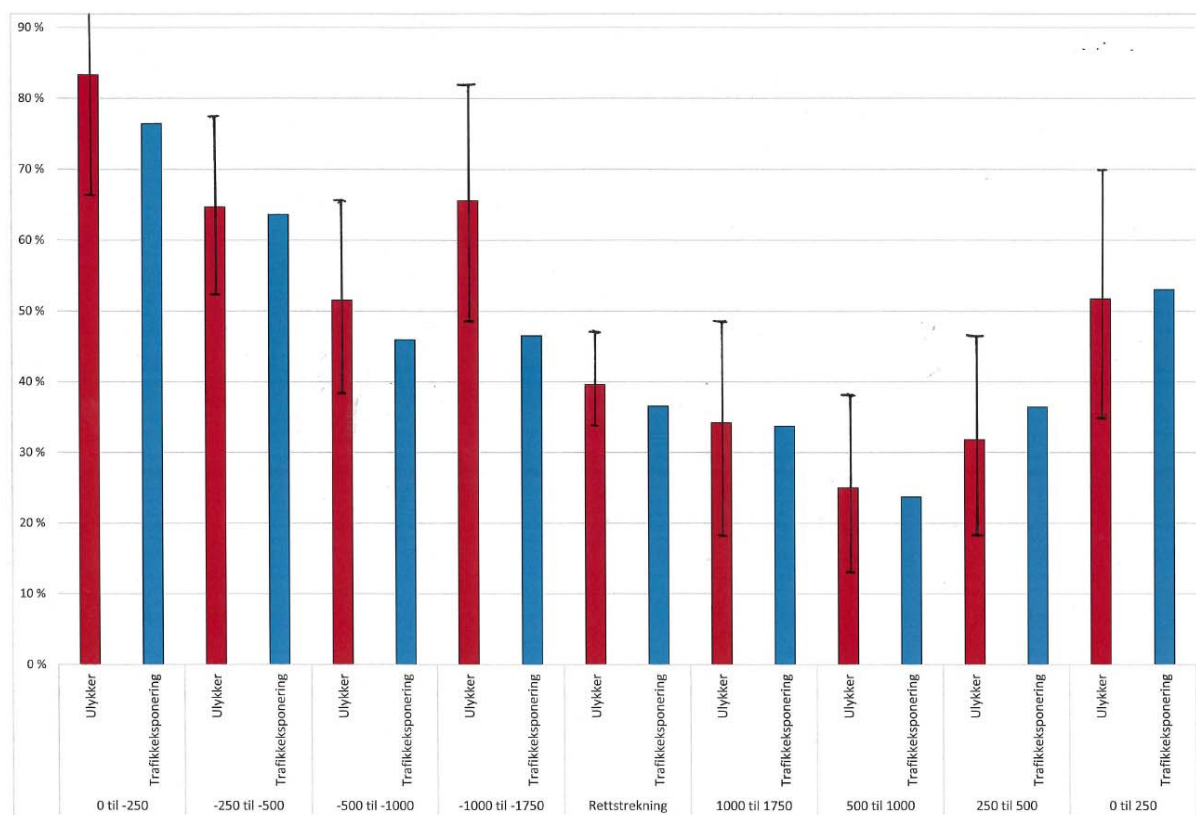
Figur 16: Andel av trafikkesponering og antall ulykker i venstrekurver med horisontalkurveradius på mindre enn 250 meter. Intervall for vedlikeholdsstandarden er merket med røde linjer.

For venstrekurver med horisontalkurveradius på mindre enn 250 meter viser figur 16 at det meste av trafikkesponeringen skjer i kurver med tverrfallsverdier på mellom 3 og 8 %. Mye av trafikkesponeringen skjer med andre ord i kurver hvor tverrfallsveridene er utenfor vedlikeholdsstandarden. De aller fleste ulykkene skjer også i kurver hvor tverrfallet er utenfor vedlikeholdsstandarden, og da er det spesielt der hvor tverrfallet nærmer seg 0, altså ingen overhøyde. Ingen overhøyde i så krappe kurver gjør kjøreforholdene utfordrende, og det kan se ut til at dette også påvirker ulykkesituasjonen.

Middelverdien for andel observasjoner utenfor vedlikeholdsstandarden for ulykker i venstrekurver med horisontalkurveradius mindre enn 250 meter er 83 %. Et konfidensintervall innenfor 95 % tilsier et resultat på mellom 66 % og 100 % (se utregning i vedlegg 1 og figur 17 for grafisk fremvisning). Middelverdien for trafikkesponering er 76 %. Antall observasjoner er her så høy for trafikkesponering at standardavviket ikke strekker seg i nevneverdig grad fra middelverdien. Disse resultatene viser at det ikke er noe signifikant større andel av ulykkene som skjer på steder hvor tverrfallet er utenfor vedlikeholdsstandarden i kurver på mellom 0 og -250 meter i forhold til trafikkesponeringen. Til tross for at det samlet for alle ulykker og trafikkesponering i disse kurvene ikke er noen signifikant sammenheng mellom ulykker og tverrfall utenfor vedlikeholdsstandarden, viser figur 16 at når tverrfallet er langt nok fra vedlikeholdsstandarden er antallet ulykker såpass mye høyere enn andel trafikkesponering at det ser ut til å være en sammenheng. Spesielt når det nærmer seg ingen overhøyde i det hele tatt.

5.4 Andel utenfor vedlikeholdsstandard for tverrfall

Figur 17 viser verdiene for andel av ulykkene og trafikkesponeringen hvor tverrfallet var utenfor vedlikeholdsstandarden for alle kurveintervallene og rettstrekning. Svarte linjer på ulykkesstolpene viser standardavviket for verdiene. Vi ser at forskjellen mellom ulykkesandelen og trafikkesponeringsandelen har størst avvik i venstrekurver (det vil si kurvene med minus-verdi på horisontalkurveradiusen), men det er kun kurvene med horisontalkurveradius mellom -1000 og -1750 meter hvor hele standardavviket for ulykker er høyere enn trafikkesponeringsandelen. Vi ser for øvrig også at venstrekurvene generelt har høyere verdier for tverrfallsverdiandel utenfor vedlikeholdsstandarden enn høyrekurvene. Både for trafikkesponering og ulykker. Dette viser at ugunstig tverrfall er mer gjeldende i venstrekurver enn i høyrekurver.



Figur 17: Andel av ulykker og trafikkesponering med tverrfallsverdier utenfor vedlikeholdsstandarden. Svarte linjer på ulykkesstolpene viser standardavvik.

5.5 Sesongvariasjoner

I vedlegg 2 er det laget de samme figurene som i kapittel 5.3, men fordelt mellom ulykker i vinterhalvåret (oktober, november, desember, januar, februar, mars) og sommerhalvåret (april, mai, juni, juli, august, september). Jeg har sett nærmere på dette fordi det kan tenkes at manglende tverrfall har en større effekt på ulykker i vinterhalvåret på grunn av større sannsynlighet for glatt vegbane. Jeg har vurdert å se på Straks-dataene for å finne ulykker som er registrert med glatt føreforhold, men i og med at det er en del usikkerhet i registreringen så valgte jeg altså heller å dele opp på ulykker i vinterhalvåret og sommerhalvåret. Usikkerheten i Straks-dataene kommer av at man er avhengig av

informasjon fra politirapporten om føreforhold, og det er forskjell på hvor nøye politiet har vært med disse vurderingene. Det blir blant annet ofte registrert «ukjent føreforhold».

Figurene for sesongvariasjoner er vanskelige å vurdere. I enkelte kurveradier ser det ut til at ugunstig tverrfall har hatt større innvirkning på sommerulykker, mens i andre kurveradier er det omvendt. For horisontalkurveradius på mindre enn 250 meter i høyrekurver ligger konfidensintervallet for sommerulykker der tverrfall har vært utenfor vedlikeholdsstandarden høyere, og utenfor, konfidensintervallet for vinterulykker. Det vil si at det var mindre andel av ulykkene på steder der tverrfallet var utenfor vedlikeholdsstandarden i vinterhalvåret sammenlignet med sommerhalvåret. For de andre kurvene overlapper alle konfidensintervallene for vinterulykker og sommerulykker hverandre. Jeg skal være forsiktig med å trekke noen konklusjon for hvorfor konfidensintervallet for sommerulykker i krappe høyrekurver er høyere enn for vinterulykker, men en mulig forklaring kan være at hastigheten er høyere på sommerhalvåret, men dette må analyseres nærmere for å kunne svare på. 11 av 13 (85 %) av ulykkene i høyrekurver med horisontalkurveradius på mindre enn 250 meter i sommerhalvåret skjedde hvor tverrfall var utenfor vedlikeholdsstandarden, mens 5 av 17 (29 %) ulykker i høyrekurver med horisontalkurveradius på mindre enn 250 meter skjedde hvor tverrfall var utenfor vedlikeholdsstandarden i vinterhalvåret. Denne forskjellen finnes ikke for krappe venstrekurver.

Bortsett fra dette ser jeg ingen store forskjeller for ulykkene i sommerhalvåret og vinterhalvåret i mitt utvalg når det kommer til tverrfall. Man må ha et større utvalg av ulykker, og en bedre oversikt over om ulykkene har skjedd på glatt føre for å se nærmere på denne problematikken.

5.6 Dødsulykker for hele landet (UAG-analyser)

Det er 17 dødsulykker i Norge fra 2010–2014 hvor horisontalkurvatur og tverrfall er nevnt som medvirkende årsak til ulykken i UAG-rapporter. I UAG-rapportene er det detaljerte analyser av ulykkene. Dette gir mulighet til å se på en del andre faktorer som det ikke er mulig å sjekke i Straks-registeret. Jeg har lest UAG-rapportene for alle ulykker som er registrert med «horisontal geometri» som medvirkende årsak til ulykken. Til sammen 88 ulykkesrapporter. «Horisontal geometri» er registreringsfaktoren ulykken vil bli registrert med om det er problemer med tverrfall i ulykken, men det er også andre faktorer ved horisontalgeometri som vil inngå. Derfor var det nødvendig at jeg først leste alle disse rapportene for å finne ut hvilke av disse ulykkene hvor tverrfall kan ha vært en medvirkende årsak til ulykken. Da satt jeg altså igjen med 17 ulykkesrapporter. Disse leste jeg nøye og lette etter fellestrekk. Etter å ha fått et inntrykk av ulykkene laget jeg en tabell hvor jeg fylte inn faktorer jeg følte gikk igjen i rapportene, for eksempel glatt føre, høy fart osv. Da jeg registrerte disse faktorene i en tabell fikk jeg en oversikt over hva som gikk igjen i dødsulykkene der tverrfall er nevnt som en mulig medvirkende årsak. Jeg fant at høy fart gikk igjen i alle bortsett fra fire ulykker. Jeg fant at ruspåvirket kjøring gikk igjen i en del rapporter. Også glatt veg og slitte dekk gikk igjen. I henhold til analysen av dødsulykkene kan det virke som om feil på tverrfall gjør seg gjeldende når andre faktorer også er til stede. Spesielt høy fart, men også glatt vegbane, slitte dekk og ruspåvirket kjøring.

Det vanlige er at ugunstig tverrfall blir tildelt en liten årsaksfaktor til ulykken. Det vil si at ugunstig tverrfall ikke har utløst noen av ulykkene, men at det har vært forhold ved hendelsesforløpet hvor ugunstig tverrfall har gjort situasjonen vanskeligere for fører. Det er lite sannsynlig at riktig utført tverrfall hadde forhindre noen av ulykkene da ugunstig tverrfall ikke er nevnt som en stor medvirkende faktor i noen av ulykkene. I så å si alle disse ulykkene er det problemer med horisontalkurvaturen som er vurdert som den mest kritiske faktoren da det kommer til vegutforming. For eksempel at kurven blir krappere ettersom man passerer i den (eggkurve), at kurven kommer brått på etter en lengre rettstrekning og/eller at kurven er uforholdsmessig krapp i forhold til vegens øvrige standard.

Region	Høy hastighet	Vegdekke og kvalitet på dekk	Uhellstype	Rus
Øst	Ja	Glatt (regn)	Møteulykke	Nei
Øst	Ja	Tørr, bar veg	Møteulykke	Nei
Vest	Ja	Svært glatt (is)	Utforkjøring	Nei
Vest	Ja	Tørr, bar veg	Utforkjøring	Nei
Vest	Ja	Tørr, bar veg	Utforkjøring	Nei
Vest	Ja	Våt vegbane (oppholdsvær), (slitte dekk)	Møteulykke	Ja
Vest	Ja	Tørr, bar veg	Møteulykke	Nei
Vest	Ja	Tørr, bar veg (slitte dekk)	Møteulykke	Ja
Nord	Nei	Snø/Slaps (feil rulleretning på dekk)	Møteulykke	Nei
Nord	Ja	Tørr, bar veg	Utforkjøring	Ja
Nord	Ja	Glatt veg	Møteulykke	Nei
Nord	Ukjent	Tørr, bar veg	Utforkjøring	Ja
Midt	Ja	Våt, bar asfalt	Utforkjøring	Ja
Sør	Nei	Tørr, bar veg	Utforkjøring	Nei
Sør	Ja	Tørr, bar veg (slitte dekk)	Utforkjøring	Nei
Sør	Nei	Glatt veg (slitte dekk)	Møteulykke	Nei
Sør	Ja	Tørr, bar veg	Utforkjøring	Ja

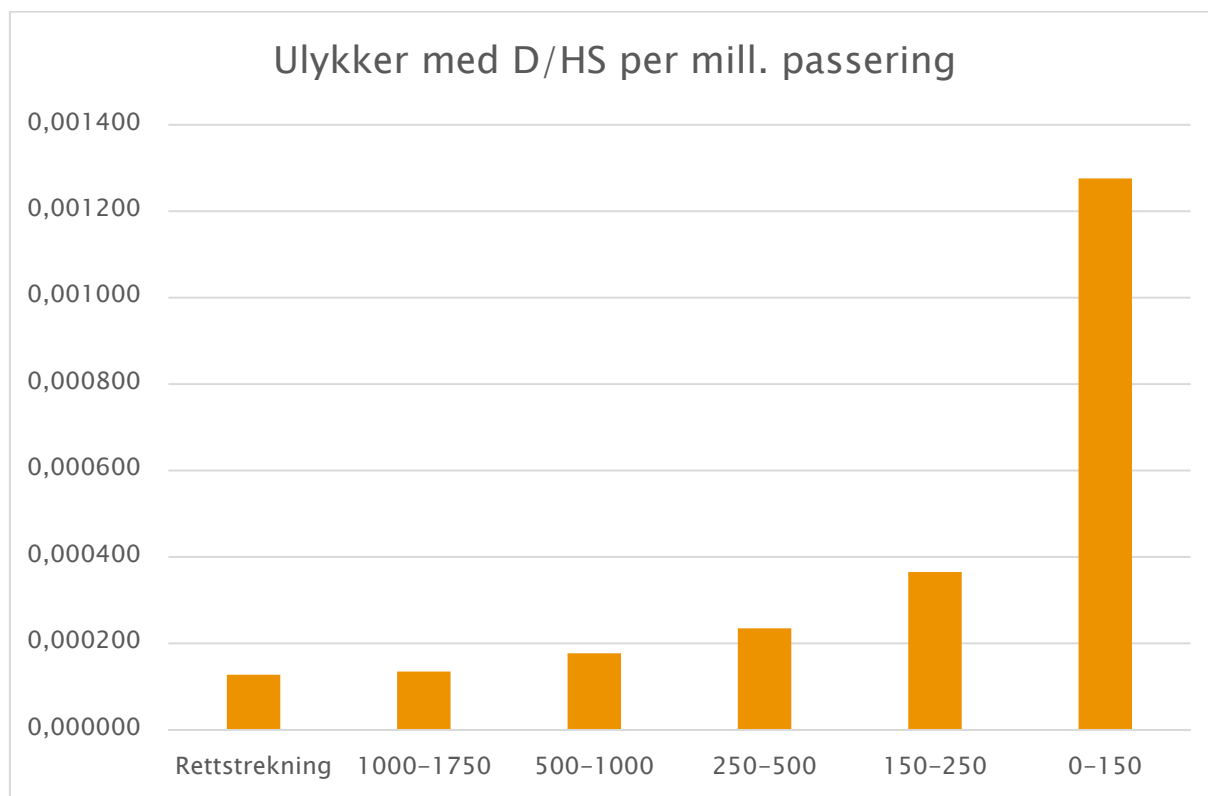
Tabell 11: Medvirkende årsaker i dødsulykker hvor ugunstig tverrfall er nevnt som en mulig medvirkende årsak.

Det er 17 av 792 dødsulykker i Norge fra 2010 til 2014 hvor ugunstig tverrfall er nevnt som mulig medvirkende årsak. I alle ulykkene er også ugunstig tverrfall kun tildelt en liten årsaksgrad. Det vil si at det var andre faktorer som i større grad førte til ulykken. Blant annet høy fart og krevende kurvatur. Ugunstig tverrfall kan derfor ikke sies å ha hatt en sterk påvirkning på dødsulykkene i Norge fra 2010 til 2014.

5.7 Generell ulykkesrisiko i kurver

Ser man videre på generell risiko for ulykker kan man se på hvor stor risiko det er for møte- og utforkjøringsulykker i de forskjellige kurvene og på rettstrekning uavhengig av tverrfall. Bearbeiding av tall som allerede er gjort i analysen gir muligheten til å se på hvor mye trafikksporing de forskjellige kurveradiene har og hvor mange ulykker de forskjellige kurveradiene generelt har. Jeg har sett på antall ulykker med drepte og hardt skadde i sammenheng med trafikksporing i forskjellige kurver og beregnet et risikoforhold mellom disse kurvene. Se vedlegg 4 for utregning. Resultatene av beregningen vises i figur

18. Jeg har valgt å kun se på ulykker med drepte og hardt skadd her fordi utvalget er stort nok til det. I tillegg er det disse ulykkene som er mest interessante med tanke på å redusere samfunnets trafikkulykkesbyrde.



Figur 18: Ulykker med drepte og hardt skadde per million passering fordelt på rettstrekning og forskjellige horisontalkurveradier på de analyserte strekninger.

Figur 18 viser at risikoen for ulykke øker med krappheten på kurven. Dette er interessant med tanke på hvor det er mest lønnsomt å gjennomføre tiltak på veg. De fleste ulykkene skjer på rettstrekning, men i og med at rettstrekninger utgjør så stor andel av vegnettet (definisjon på rettstrekning i denne oppgaven er fra og med 1750 meter i horisontalkurveradius), er risikoen for ulykke på rettstrekning relativt mye lavere enn for kurver. På rettstrekning skjedde 42 % av ulykkene og 52 % av trafikkesponeringen. I kurver krappere enn 150 meter skjedde 4 % av ulykkene og 0,5 % av trafikkesponeringen. 4 % av ulykkene med drepte og hardt skadde tilsvarer 7 ulykker over 5 år. Et såpass lavt antall ulykker vil tilsi en viss usikkerhet i tallene. At ulykkesrisikoen øker med krappheten på kurven er også påvist i annen forskning, blant annet Voigt, A.P (1996).

Med tanke på tiltak mot ulykker er det derfor nærliggende å anbefale at tiltak gjennomføres i krappe kurver først i og med at ulykkesrisikoen er størst der. Spesielt når det kommer til utforkjøringsulykker. Tiltak mot møteulykker må man se strekningsvis. På den annen side vil andre faktorer også spille inn. Som for eksempel trafikkmengde eller at det kan være fordelaktig å gjennomføre tiltak sammenhengende på en strekning framfor stykkevis på steder med høy risiko. Disse vurderingene går ikke jeg nærmere inn på i denne oppgaven.

5.9 Oppsummering av resultater

Den grafiske fremstillingen av resultatene viser at virkningen av tverrfall er avhengig av hvor krapp kurvaturen på vegen er og om det er høyrekurve (innerkurve) eller venstrekurve (ytterkurve). Generelt sett viser hovedanalysen (den kvantitative analysen) i denne oppgaven at tverrfall utenfor vedlikeholdsstandarden sjelden har påvirket ulykkessituasjonen i signifikant grad. Dette kan for øvrig nyanseres noe, som vil bli gjort i dette kapitlet.

Høyrekurver og rettstrekning: Så å si ingen forskjell på trafikkesponering og ulykker. Altså er sannsynligheten liten for at tverrfallsverdiene på eksisterende vegnett har hatt noen særlig innvirkning på ulykkene i mitt utvalg. Tverrfall kan ha hatt innvirkning på enkeltulykker, men tverrfallet på de utvalgte strekninger utgjør ikke noen signifikant risiko. Jeg kan derfor ikke ut fra min analyse si at tverrfall alene har noen innvirkning på ulykker i høyrekurver eller på rettstrekning.

Venstrekurve: Her viser jeg at ulykkene i større grad skjer på steder der det er lite tverrfall eller tverrfall som heller i feil retning. Det er for øvrig kun i slake venstrekurver at forskjellen for innenfor/utenfor vedlikeholdsstandarden er signifikant på 0,05-nivå. Det er også verdt å merke seg at i slake venstrekurver er det forholdsvis mange ulykker der tverrfallet heller i feil retning i forhold til hvor mye av trafikkesponeringen som er på disse stedene. I krappe venstrekurver viser også analysen at det er mange ulykker i forhold til trafikkesponeringen der hvor tverrfallet nærmer seg 0, altså hvor det er liten eller ingen overhøyde gjennom kurven.

I analysen av dødsulykkene hvor det er bemerket ugunstig tverrfall i UAG-rapporten er det i alle tilfeller også andre forhold som er vurdert som medvirkende til ulykken. Blant annet går høy hastighet ofte igjen som en medvirkende årsak. I tillegg blir glatt veg eller dårlig dekk nevnt i mange av rapportene i tillegg til andre forhold i forbindelse med den geometriske utformingen av vegen. For øvrig er det forholdsvis få av dødsulykkene fra 2010 til 2014 hvor ugunstig tverrfall er nevnt som medvirkende til ulykken (17 ulykker).

Tverrfall utenfor vedlikeholdsstandard alene ser altså ikke ut til å øke risikoen i stor grad, men feil tverrfall i tillegg til andre uheldige forhold kan øke risikoen. Min hovedanalyse (den kvantitative analysen) har blant annet ikke tatt hensyn til generell utforming av kurven eller hvordan kurven passer inn i forhold til kurvaturen på resten av en strekning. For eksempel om kurven er en sammensatt kurve, eggkurve eller om den kommer brått på etter en lengre rettstrekning. Den kvantitative analysen har heller ikke kunne tatt hensyn til førerhandlinger som høy fart, ruspåvirkning og lignende, eller føreforhold. Alle disse punktene påvirker ulykkesrisikoen. Gjennomgangen av UAG-rapportene for dødsulykker ga for øvrig antydninger til at slike andre faktorer øker den negative virkningen av ugunstig tverrfall.

Det er altså spesielt i venstrekurver at tverrfallsverdiene mellom ulykker og trafikkesponering er forskjellige. Videre viser figurene i analysekapitlet at det er for lite tverrfall i venstrekurve som er problemet, og i noen tilfeller at tverrfallet heller i feil retning. Det er ikke vanlig at tverrfallet heller i feil retning og det er i størst grad i slake venstrekurver at dette er aktuelt (se tabell 12). Det er i disse tilfellene sannsynligvis slik at det er bevart takfall gjennom kurven selv om det burde vært ensidig fall.

Andel av trafikkeksponeringen som hadde tverrfall som heller i feil retning	
0 til -250	4 %
-250 til -500	5 %
-500 til -1000	10 %
-1000 til -1750	26 %
0 til 250	2 %
250 til 500	1 %
500 til 1000	1 %
1000 til 1750	2 %

Tabell 12: Andel av trafikkeksponeringen på analyserte vegstrekninger som hadde tverrfall som heller i feil retning.

I forhold til tverrfallets effekt for ulykker på vinterhalvåret sammenlignet med sommerhalvåret kan jeg ikke konkludere med noe da resultatene var tvetydige og ikke sier noe om føreforholdene på ulykkestidspunktet.

Det er viktig å nevne at tverrfall sjelden er veldig mye utenfor hva som kan ansees som «forsvarlige» verdier på de vegene som er analysert i denne oppgaven. Hadde for eksempel flere krappe kurver hatt tverrfall langt utenfor vedlikeholdsstandarden, kunne dette gjort et større utslag på ulykkesituasjonen, men det finnes forholdsvis få slike kurver i utvalget mitt. Ulykkesrisikoen i kurver med veldig ugunstig tverrfall kan derfor være høy selv om min analyse ikke kan bevise det.

6. Diskusjon og konklusjon

I min analyse av de mest trafikkerte vegene med 2 kjørefelt i Hedmark og Oppland fant jeg på et overordnet nivå en liten, men signifikant, sammenheng mellom verdier utenfor vegvesenets definerte vedlikeholdsstandard av tverrfall og ulykker. Denne signifikante sammenhengen kunne kun påvises for slake venstrekurver på et mer detaljert nivå. Årsaken til at det kun ble funnet en signifikant sammenheng i slake venstrekurver kan være flere. En av grunnene kan være at det i en forholdsvis stor andel av disse kurvene var tverrfall som holder i feil retning (26 % av trafikkeksponeringen i venstrekurver med kurveradius mellom 1000 og 1750 meter var utsatt for tverrfall som heller i feil retning. Dette er en mye høyere andel enn de andre kurvene (se tabell 12)). En annen årsak kan være at hastigheten gjennom slake kurver er høyere enn i krappe kurver, og feil tverrfallsverdier påvirker kjøreegenskapene i større grad når hastigheten er høy. Den eksakte årsaken til dette resultatet kan imidlertid ikke fastsettes på bakgrunn av informasjon i ulykkesregisteret, så dette er kun betraktninger. Videre fant jeg at ugunstig tverrfall i mye større grad var en faktor i ulykker i venstrekurver enn i høyrekurver. Selv om resultatene i de fleste kurver ikke hadde signifikant sammenheng mellom tverrfall utenfor vedlikeholdsstandarden og ulykker, var det en viss sammenheng i venstrekurver. I høyrekurver fant jeg ingen sammenheng mellom eksisterende tverrfall og ulykker. I krappe venstrekurver (horisontalkurverradius < 250 meter) så jeg at flere ulykker var i kurver der det nærmet seg ingen overhøyde. Dette antyder at når tverrfallsverdien nærmer seg 0 i så krappe kurver, vil det øke ulykkesrisikoen.

Det er for øvrig viktig å nevne at resultatene av min analyse kun henviser til de undersøkte vegstrekningene. En viktig betraktning i denne sammenheng er at tverrfallet på disse strekningene i liten grad har tverrfallsverdier som har store avvik fra akseptable verdier. Det kan derfor tenkes at store avvik fra akseptable tverrfallsverdier utgjør en risiko som ikke blir belyst i min analyse. Hvor store disse avvikene må være for at risikoen øker mye kan ikke vurderes ut fra analysen i denne oppgaven, men det kan antydes at når tverrfallet nærmer seg 0 i krappe kurver eller heller i feil retning i kurver, uansett krapphet på kurven, vil det utgjøre et sikkerhetsproblem.

Gjennomgangen av UAG-rapportene for dødsulykker og litteraturgjennomgangen viser at ugunstig tverrfall i kombinasjon med andre risikofaktorer øker risikoen. Et eksempel på en annen risikofaktor som øker ulykkesrisikoen ved ugunstig tverrfall er høy hastighet. I dødsulykkene viser det seg at høy hastighet har vært en faktor i en stor andel av ulykkene som har registrert uheldig tverrfall som medvirkende til at ulykken skjedde. Glatt føre viste seg også å være en faktor i en del av disse ulykkene. Uheldig tverrfall i kombinasjon med enten høy fart, glatt føre, dårlig dekk eller flere av disse faktorene sammen vil føre til at det uheldige tverrfallet øker sin betydning også. Det finnes også flere faktorer knyttet til vegens utforming som kan føre til at uheldig tverrfall får en økt negativ effekt. For eksempel om kurven er en eggkurve, at den blir krappere etter hvert som man passerer gjennom kurven, vil dette gjøre kjøreforholdene vanskelige og dermed øke risikoverdien til ugunstig tverrfall. Flere av ulykkesrapportene til UAG som har uheldig tverrfall som en medvirkende faktor til ulykken nevner også at kurven var en eggkurve.

Det er for øvrig i rapport TTI-04690-3 ved Texas Transportation Institut (Voigt, 1996) vist til at hastigheten i kurver med for lite tverrfall tenderer mot å være lavere enn i kurver med tilstrekkelig eller mye tverrfall. Dette kan ha en utlignende effekt som også kan være noe av forklaringen til at analyseresultatene ikke viser en stor sammenheng mellom ugunstig tverrfall og ulykker. Om hastigheten går ned i kurver med uheldig tverrfall, kan dette føre til at ulykkesrisikoen ikke øker i så stor grad som man kunne anta.

6.1 Forslag til videre forskning.

Som gjennomgangen av UAG-rapportene av dødsulykker der tverrfall er registrert som medvirkende årsak til ulykken antyder, er det ofte flere andre forhold som også er medvirkende i disse ulykkene. Annen forskning innen temaet har også i stor grad sett på tverrfall i kombinasjon med andre forhold. Med tanke på at det finnes gode data for spor, tverrfall og horisontalkurvatur er det gode muligheter for å gjøre flere analyser i denne retningen. Det er med dette muligheter for å se nærmere på forhold som går på ulykkesrisiko i forhold til flere geometriske forhold ved vegen. For å supplere resultater fra denne oppgaven vil jeg spesielt anbefale å se nærmere på tverrfall i sammenheng med endring i radius gjennom en kurve, hastighet gjennom kurven, spordybde og føreforhold. Spesielt bør det sees nærmere på hvordan disse faktorene i samspill påvirker ulykkesrisikoen. Det bør også sees på hvordan endring i tverrfall gjennom en kurve som ikke endrer radius påvirker ulykkesrisikoen. Videre kan det være interessant å se nærmere på forskjellige enhetstyper og hva de forskjellige vegforholdene har å si for ulykkesrisikoen for

dem. For eksempel hvordan motorsykel eller vogntog påvirkes til sammenligning med personbiler.

6.2 Forslag til tiltak

Å rette opp tverrfall på eksisterende veg er relativt kostbart. Ut fra resultatene i min analyse kan jeg ikke direkte anbefale å gjøre dette, men jeg kan påpeke viktigheten av at tverrfall gjøres riktig i bygging av ny veg. Dette kan sikres ved trafikksikkerhetsrevisjoner av byggeplaner. For eksisterende veg finnes det andre tiltak som kan gjennomføres, som muligens er mer kostnadseffektive. Det er for eksempel nevnt tidligere i analysen at det vanligvis også er andre risikofaktorer som er gjeldende i ulykker hvor ugunstig tverrfall også var en faktor. Blant annet glatt veg. Problemet med manglende tverrfall (overhøyde) i kurver blir ekstra forsterket ved glatt vegbane fordi begge forholdene reduserer friksjonen gjennom kurven (sidefriksjon og bremsefriksjon). Derfor vil tiltak som øker friksjonen også ha en påvirkning på risikoen for ulykker som delvis skyldes manglende overhøyde (tverrfall). Dette kan gjøres ved for eksempel skjerpning av vinterdrift eller legge asfalt som har bedre friksjon.

Ellers kan en kartlegging av risikokurver og stedsspesifikke tiltak også ha god effekt på ulykkesrisikoen. Resultatene fra min analyse kan også forsvare å gjøre tiltak mot manglende overhøyde i krappe venstrekurver. Dette fordi analyseresultatene for krappe venstrekurver viser at tverrfall kan øke ulykkesrisikoen når tverrfallet er så lite at det går mot 0 og at ulykkesrisikoen generelt er høy i krappe kurver (se figur 19). I tillegg kan mykgjøring av sideterreng være nødvendig for å redusere skadeomfang om ulykken skjer. Eventuelt etablering av rekkverk. Motorsykel utgjør for øvrig en stor andel av ulykkene i krappe kurver. Derfor vil det være ønskelig med mykgjøring av sideterreng i stedet for rekkverk der det er mulig fordi motorsyklister har stor skaderisiko ved påkjøring av rekkverk.

6.3 Oppsummering og konklusjon

Min analyse viser at eksisterende tverrfall i venstrekurver påvirker ulykkesituasjonen, mens de eksisterende tverrfallsveridene i høyrekurver og på rettstrekning har en tilnærmet fraværende effekt på ulykkesituasjonen.

Gjennomgangen av ulykkesrapporter for dødsulykker antyder at spesielt høy hastighet er en av de andre risikofaktorene som øker risikoen i kurver med ugunstig tverrfall. I tillegg tyder gjennomgangen på at det ofte også er andre forhold ved den geometriske utformingen av kurven som er medvirkende til ulykken, i tillegg til føreforhold.

Jeg foreslår at det forskes videre på ulykkesrisikoen på steder med ugunstig tverrfall i kurver der også andre forhold ved vegen gir utfordrende kjøreforhold. Og at Statens vegvesen i større grad benytter seg av tilgjengelige, gode data for veggeometri i sitt ulykkesanalysearbeid.

Litteraturliste

Bogdashova, Natalia (2012) En studie av sammenheng mellom horisontalkurvatur, tverrfall og trafikkulykker på vegnettet

Christensen, P. & Ragnøy, A. (2006). Vegdekkets tilstand og trafiksikkerhet. Rapport 840/2006. Oslo: Transportøkonomisk institutt.

Corben, B., Newstead, S., Diamantopoulou, K. & Cameron, M. (1996). Result of an evaluation of TAC funded accident black spot treatment, 18th ARRB Transport Research Conference, Christchurch.

Hanley, K.A., Gibby, A. & Ferrara, T. (2000). Analysis of accident reduction factors on California state highways. Transportation Research Record, 1717, 37-45.

Høye, A., Elvik R., Sørensen M.W.J., Vaa T. TØI`s Trafiksikkerhetshåndbok, 4. utgave

Lofthaug, Fredrik (2014) Veg-geometriens betydning for trafikkulykker

Nerbøvik, Jenny M. (2015) En studie av sammenhengen mellom veg-geometri, fart og trafikkulykker

Sakshaug, C. (1998). Effekt av overhøyde i kurver. SINTEF rapport

Voigt, A.P. & Krammes, R.A. (1998). An operational and safety evaluation of alternative horizontal curve design approaches on rural two-lane highways. International Symposium on Highway Geometric Design Practices. Boston, Massachusetts (1998)

Voigt, A.P. (1996) An evaluation of alternative horizontal curve design approaches on rural two-lane highways. Report TTI-04690-3, Texas Transportation Institute.

Zador, P., Stein, H., Hall, J. & Wright, P. (1985). Superelevation and roadway geometry. Deficiency at crash sites and on grades (Abridgement). Insurance Institute for Highway Safety, Washington, D.C.

Zegeer, C. V. et al. (1991). Cost-Effective Geometric Improvements for Safety Upgrading of Horizontal Curves. Report FHWA-RD-90-021. US Department of Transportation, Federal Highway Administration, Turner-Fairbank Highway Research Center, McLean, VA

HbN100, Veg- og gateutforming

HbR610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger

HbV120 Premisser for geometrisk utforming av veger

Vedlegg 1: Utrekning av konfidensintervall

For å beregne hvor stor andel av ulykkene og trafikkesponeringen som skjer på steder med tverrfallsv verdier utenfor vedlikeholdsstandarden er det benyttet følgende utregninger:

Estimat for middelveidien:

«Antall utenfor vedlikeholdsstandard» / «antall observasjoner»

Standardfeil på middelveidien:

$$\sqrt{(\text{"Estimat for middelveidien"} * (1 - \text{"Estimat for middelveidien"})) / \text{"Antall observasjoner"}}$$

Nedre grenseverdi (95 % konfidensintervall):

«Estimat for middelveidien» - 1,96 * «Standardfeil på middelveidien»

Øvre grenseverdi (95 % konfidensintervall):

«Estimat for middelveidien» + 1,96 * «Standardfeil på middelveidien»

0 til -250			
Ulykker		Trafikkesponering	
Antall observasjoner	18	Antall observasjoner	7186262
Antall utenfor vedlikeholdstandard	15	Antall utenfor vedlikeholdstandard	5492469
Estimat for middelveidien	0,83	Estimat for middelveidien	0,76
Standardfeil på middelveidien	0,09	Standardfeil på middelveidien	0,00
95% konsekvensintervall.		95% konsekvensintervall.	
Nedre grenseverdi (95 % k.i.), ulykker	0,66	Nedre grenseverdi (95 % k.i.), veg	0,76
Øvre grenseverdi (95 % k.i.), ulykker	1,01	Øvre grenseverdi (95 % k.i.), veg	0,76

-250 til -500			
Ulykker		Trafikkesponering	
Antall observasjoner	51	Antall observasjoner	30014326
Antall utenfor vedlikeholdstandard	33	Antall utenfor vedlikeholdstandard	19096651
Estimat for middelveidien	0,65	Estimat for middelveidien	0,64
Standardfeil på middelveidien	0,07	Standardfeil på middelveidien	0,00
95% konsekvensintervall.		95% konsekvensintervall.	
Nedre grenseverdi (95 % k.i.), ulykker	0,52	Nedre grenseverdi (95 % k.i.), veg	0,64
Øvre grenseverdi (95 % k.i.), ulykker	0,78	Øvre grenseverdi (95 % k.i.), veg	0,64

-500 til -1000			
Ulykker		Trafikkesponering	
Antall observasjoner	64	Antall observasjoner	53950084
Antall utenfor vedlikeholdstandard	33	Antall utenfor vedlikeholdstandard	24805032
Estimat for middelveidien	0,52	Estimat for middelveidien	0,46
Standardfeil på middelveidien	0,06	Standardfeil på middelveidien	0,00
95% konsekvensintervall.		95% konsekvensintervall.	
Nedre grenseverdi (95 % k.i.), ulykker	0,39	Nedre grenseverdi (95 % k.i.), veg	0,46
Øvre grenseverdi (95 % k.i.), ulykker	0,64	Øvre grenseverdi (95 % k.i.), veg	0,46

-1000 til -1750			
Ulykker		Trafikkesponering	
Antall observasjoner	32	Antall observasjoner	42440188
Antall utenfor vedlikeholdstandard	21	Antall utenfor vedlikeholdstandard	19743145
Estimat for middelveidien	0,66	Estimat for middelveidien	0,47
Standardfeil på middelveidien	0,08	Standardfeil på middelveidien	0,00
95% konsekvensintervall.		95% konsekvensintervall.	
Nedre grenseverdi (95 % k.i.), ulykker	0,49	Nedre grenseverdi (95 % k.i.), veg	0,47
Øvre grenseverdi (95 % k.i.), ulykker	0,82	Øvre grenseverdi (95 % k.i.), veg	0,47

0 til 250			
Ulykker		Trafikkesponering	
Antall observasjoner	29	Antall observasjoner	7935450
Antall utenfor vedlikeholdstandard	15	Antall utenfor vedlikeholdstandard	4211885
Estimat for middelveidien	0,52	Estimat for middelveidien	0,53
Standardfeil på middelveidien	0,09	Standardfeil på middelveidien	0,00
95% konsekvensintervall.		95% konsekvensintervall.	
Nedre grenseverdi (95 % k.i.), ulykker	0,34	Nedre grenseverdi (95 % k.i.), veg	0,53
Øvre grenseverdi (95 % k.i.), ulykker	0,70	Øvre grenseverdi (95 % k.i.), veg	0,53

250 til 500			
Ulykker		Trafikkesponering	
Antall observasjoner	44	Antall observasjoner	30721250
Antall utenfor vedlikeholdstandard	14	Antall utenfor vedlikeholdstandard	11191801
Estimat for middelveidien	0,32	Estimat for middelveidien	0,36
Standardfeil på middelveidien	0,07	Standardfeil på middelveidien	0,00
95% konsekvensintervall.		95% konsekvensintervall.	
Nedre grenseverdi (95 % k.i.), ulykker	0,18	Nedre grenseverdi (95 % k.i.), veg	0,36
Øvre grenseverdi (95 % k.i.), ulykker	0,46	Øvre grenseverdi (95 % k.i.), veg	0,36

500 til 1000			
Ulykker		Trafikkesponering	
Antall observasjoner	48	Antall observasjoner	54294630
Antall utenfor vedlikeholdstandard	12	Antall utenfor vedlikeholdstandard	12865925
Estimat for middelveidien	0,25	Estimat for middelveidien	0,24
Standardfeil på middelveidien	0,06	Standardfeil på middelveidien	0,00
95% konsekvensintervall.		95% konsekvensintervall.	
Nedre grenseverdi (95 % k.i.), ulykker	0,13	Nedre grenseverdi (95 % k.i.), veg	0,24
Øvre grenseverdi (95 % k.i.), ulykker	0,37	Øvre grenseverdi (95 % k.i.), veg	0,24

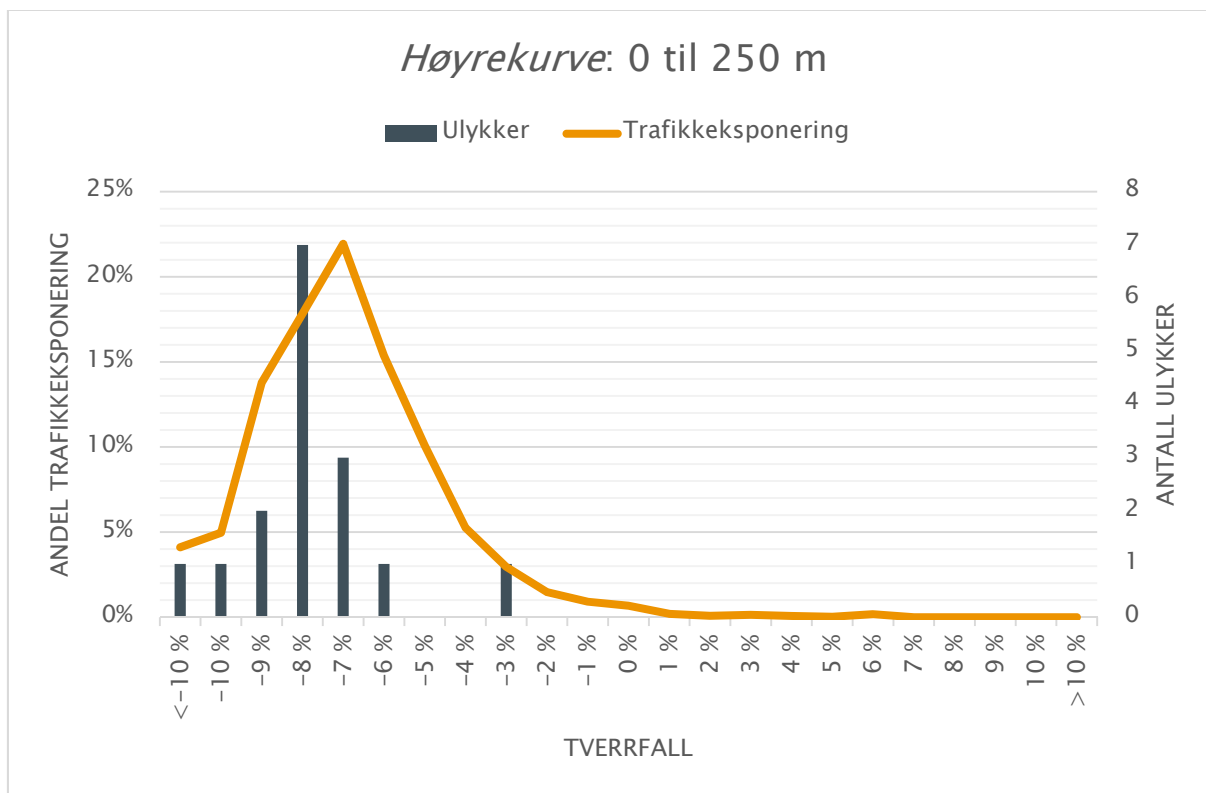
1000 til 1750			
Ulykker		Trafikkesponering	
Antall observasjoner	38	Antall observasjoner	42839219
Antall utenfor vedlikeholdstandard	13	Antall utenfor vedlikeholdstandard	14448823
Estimat for middelveidien	0,34	Estimat for middelveidien	0,34
Standardfeil på middelveidien	0,08	Standardfeil på middelveidien	0,00
95% konsekvensintervall.		95% konsekvensintervall.	
Nedre grenseverdi (95 % k.i.), ulykker	0,19	Nedre grenseverdi (95 % k.i.), veg	0,34
Øvre grenseverdi (95 % k.i.), ulykker	0,49	Øvre grenseverdi (95 % k.i.), veg	0,34

Rettstrekning			
Ulykker		Trafikkesponering	
Antall observasjoner	265	Antall observasjoner	296230721
Antall utenfor vedlikeholdstandard	105	Antall utenfor vedlikeholdstandard	108329203
Estimat for middelveidien	0,40	Estimat for middelveidien	0,37
Standardfeil på middelveidien	0,03	Standardfeil på middelveidien	0,00
95% konsekvensintervall.		95% konsekvensintervall.	
Nedre grenseverdi (95 % k.i.), ulykker	0,34	Nedre grenseverdi (95 % k.i.), veg	0,37
Øvre grenseverdi (95 % k.i.), ulykker	0,46	Øvre grenseverdi (95 % k.i.), veg	0,37

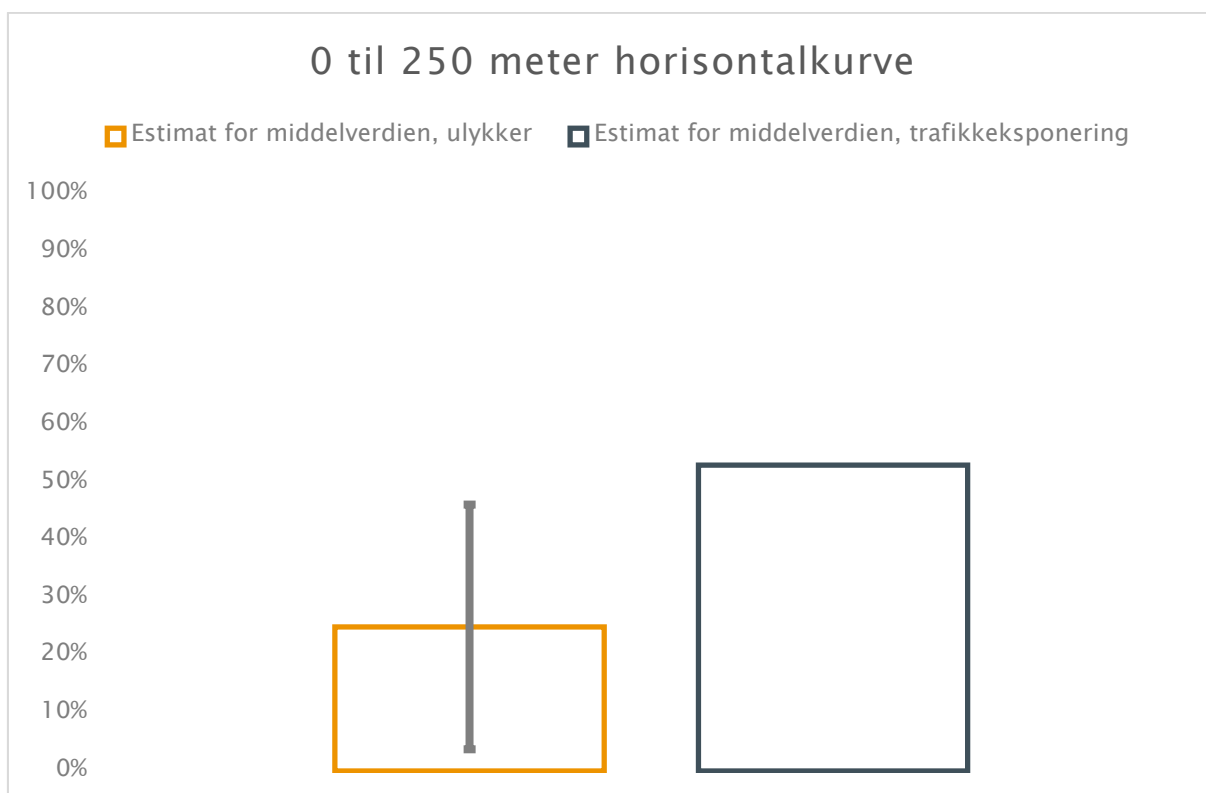
Vedlegg 2: Sammenligning av ulykker på vinter og sommerhalvåret

Det er ikke tatt hensyn til at det potensielt er forskjellig ÅDT i vinterhalvåret og sommerhalvåret i disse figurene. Det er sannsynligvis en større ÅDT på alle aktuelle veier i sommerhalvåret, men det forutsettes at fordelingen på hvor trafikken øker på sommeren fordeler seg forholdsvis likt og da vil belastningen andelsvis bli forholdsvis lik i de forskjellige kurver med de forskjellige tverrfallsverdier.

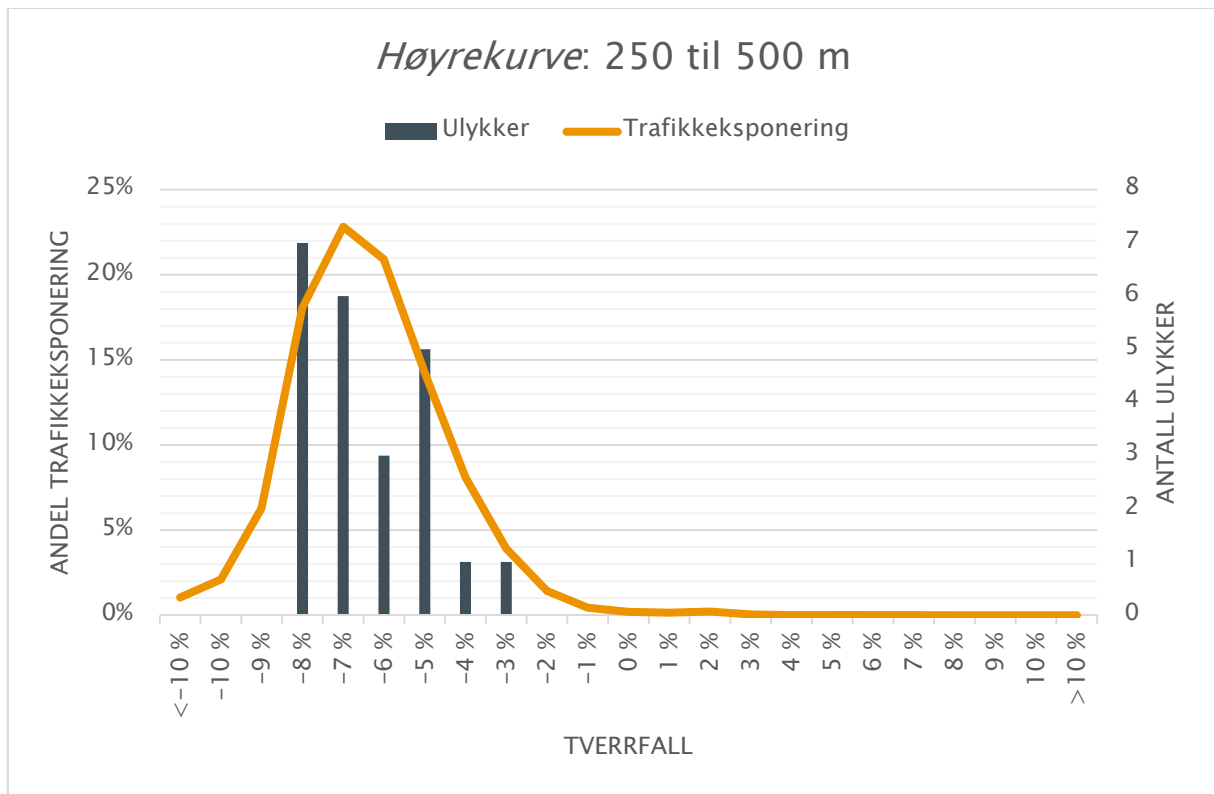
Ulykker i vinterhalvåret (oktober, november, desember, januar, februar, mars):



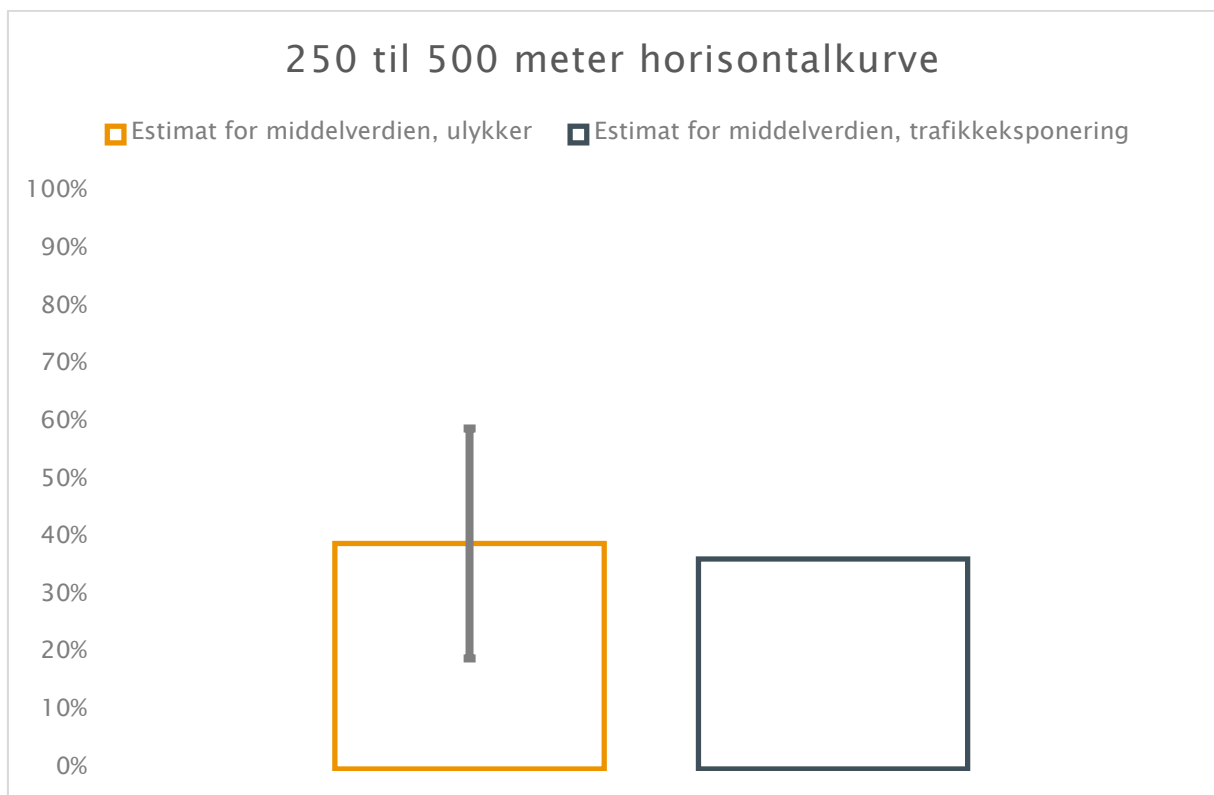
Figur V1: Andel av trafikkeksponering og antall ulykker i vinterhalvåret i høyrekurver med horisontalkurveradius på mindre enn 250 meter.



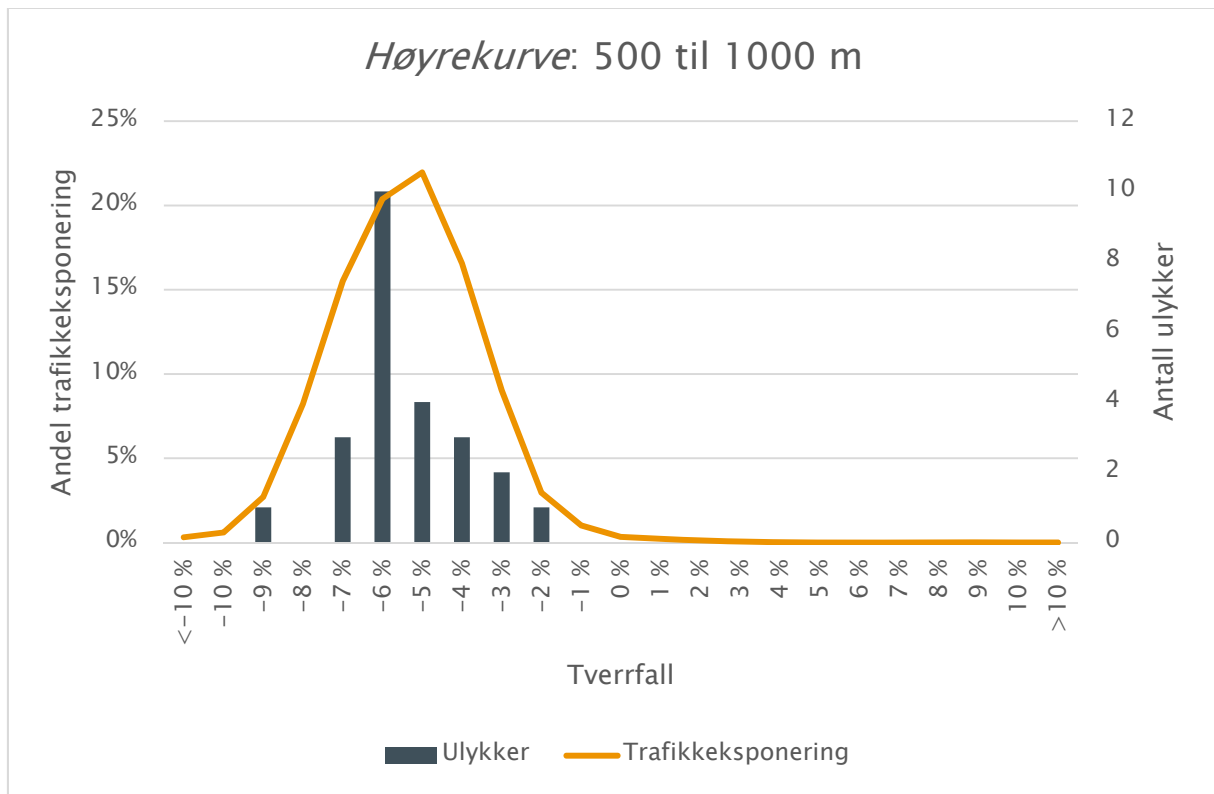
Figur V2: Estimat for middelverdien av andel ulykker i vinterhalvåret og trafikkeksponering med tverrfall utenfor vedlikeholdsstandard. Svart vertikal linje på søylen for ulykker viser konfidensintervallet innenfor 95 %.



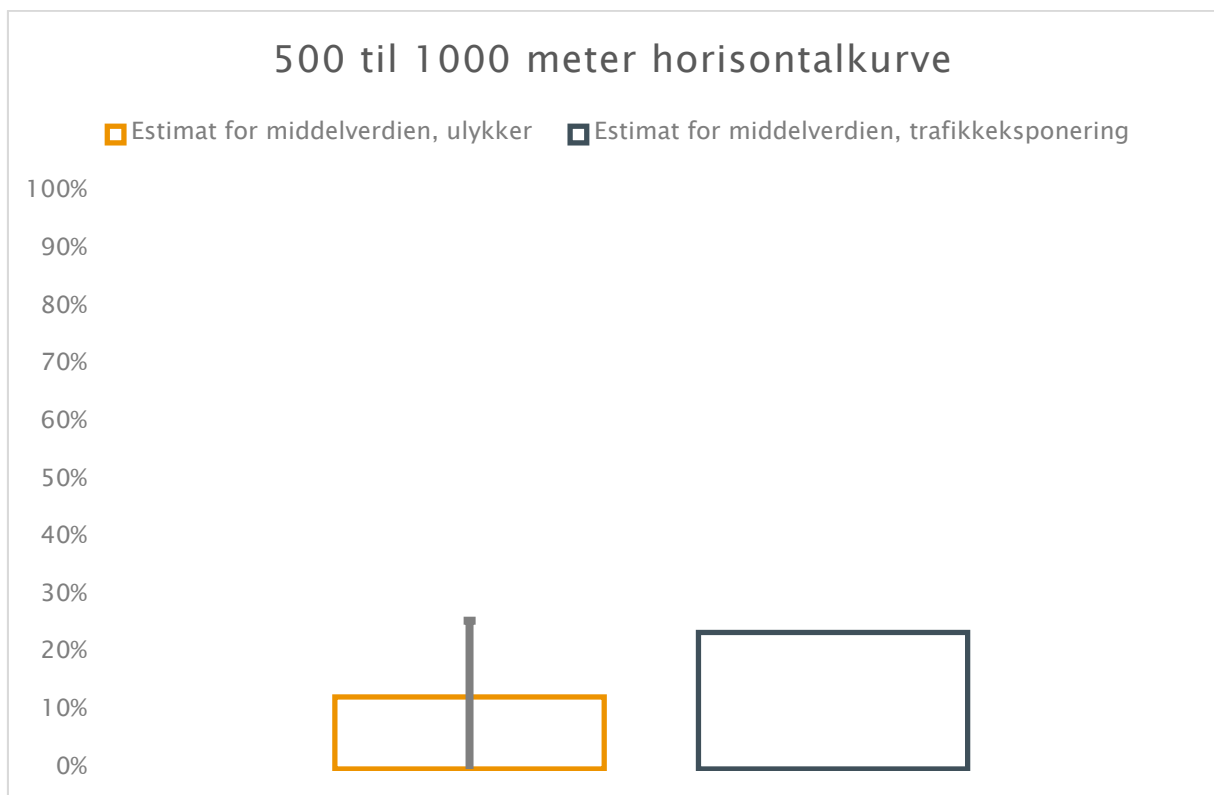
Figur V3: Andel av trafikkeksponering og antall ulykker i vinterhalvåret i høyrekurver med horisontalkurveradius på mellom 250 og 500 meter.



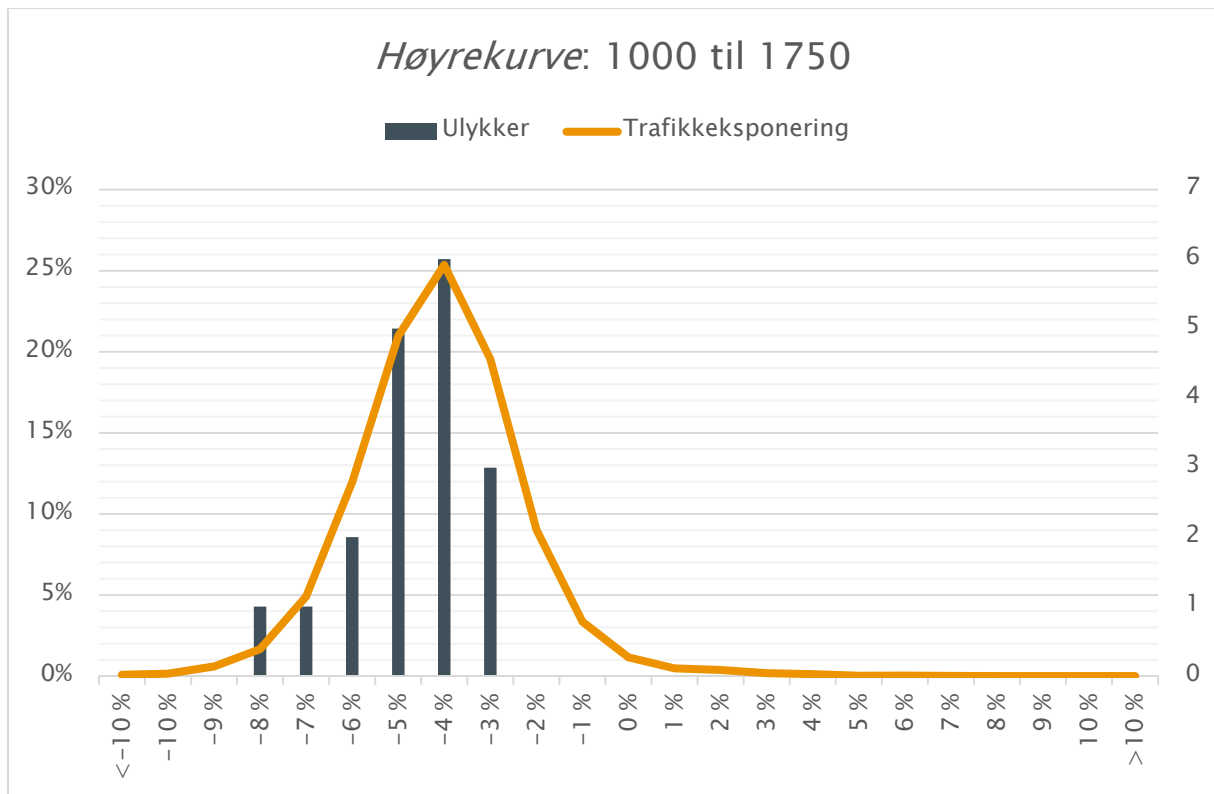
Figur V4: Estimat for middelverdien av andel ulykker i vinterhalvåret og trafikkeksponering med tverrfall utenfor vedlikeholdsstandard. Svart vertikal linje på søylen for ulykker viser konfidensintervallet innenfor 95 %.



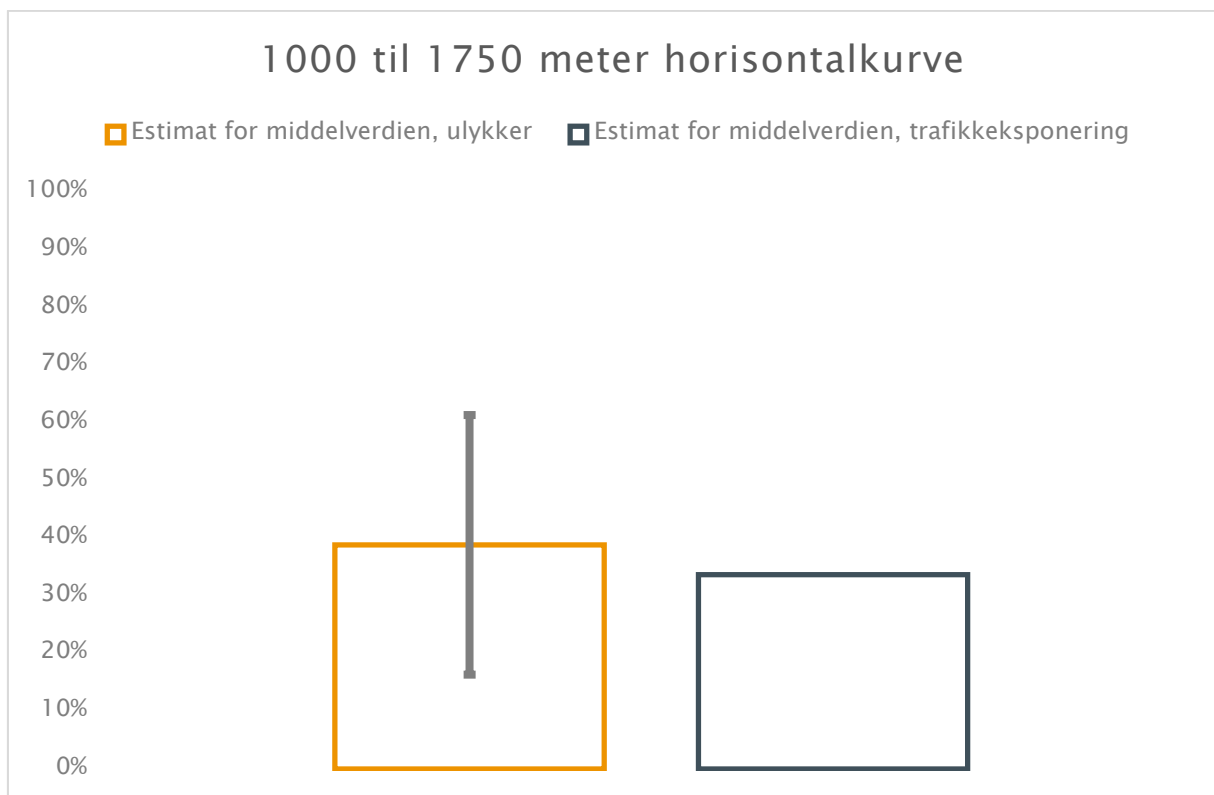
Figur V5: Andel av trafikkeksponering og antall ulykker i vinterhalvåret i høyrekurver med horisontalkurveradius på mellom 500 og 1000 meter.



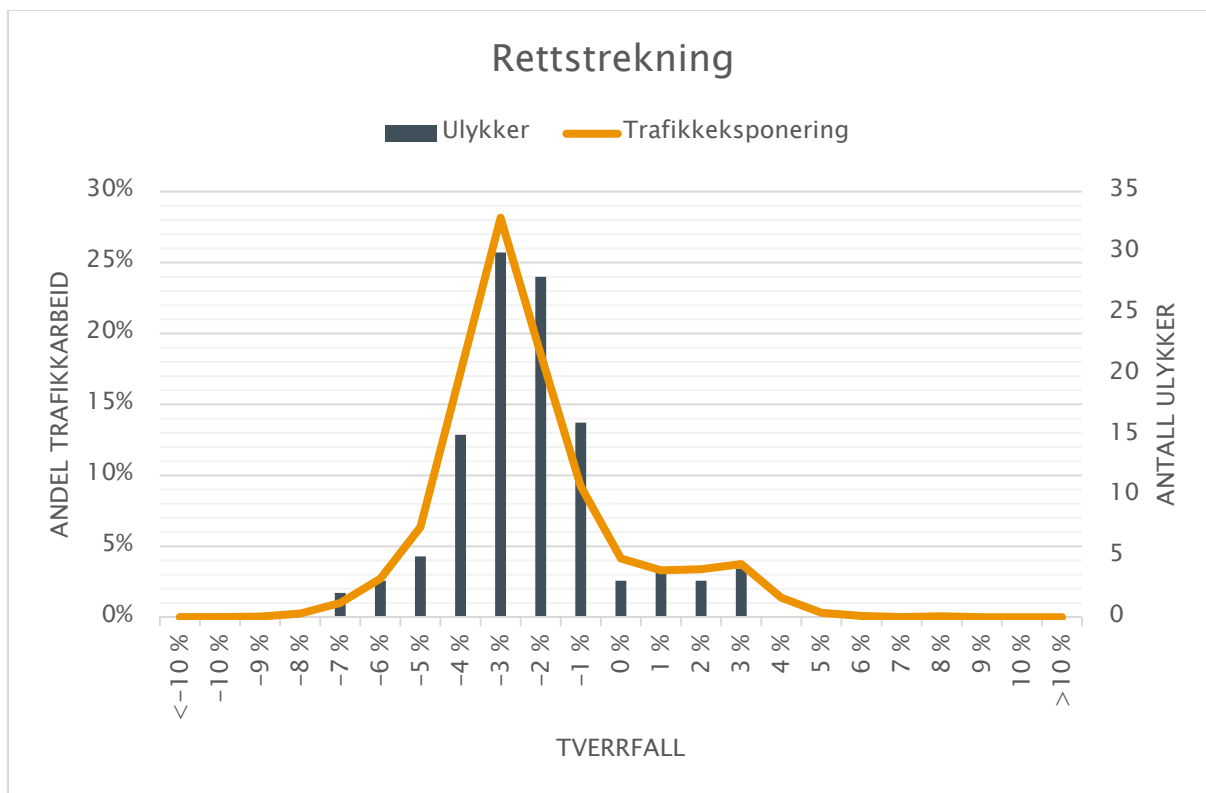
Figur V6: Estimat for middelverdien av andel ulykker i vinterhalvåret og trafikkeksponering med tverrfall utenfor vedlikeholdsstandard. Svart vertikal linje på søylen for ulykker viser konfidensintervallet innenfor 95 %.



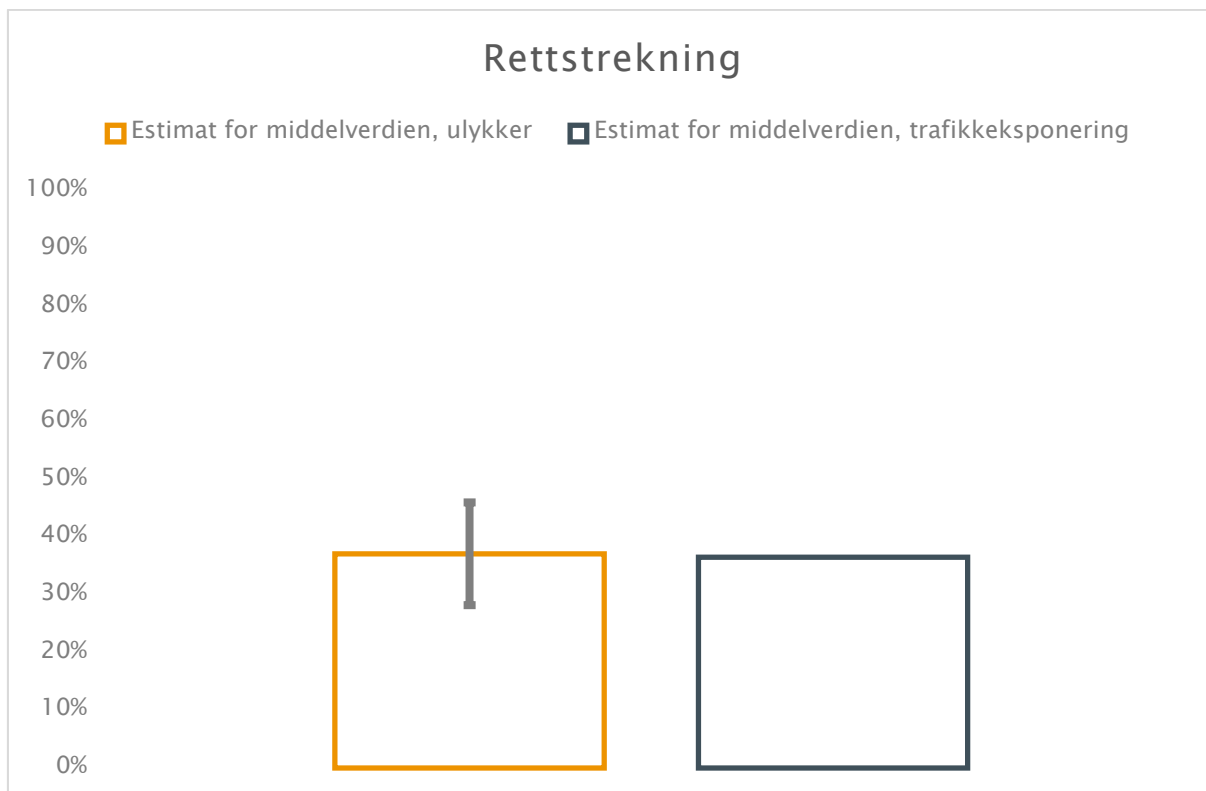
Figur V7: Andel av trafikkeksponering og antall ulykker i vinterhalvåret i høyrekurver med horisontalkurveradius på mellom 1000 og 1750 meter.



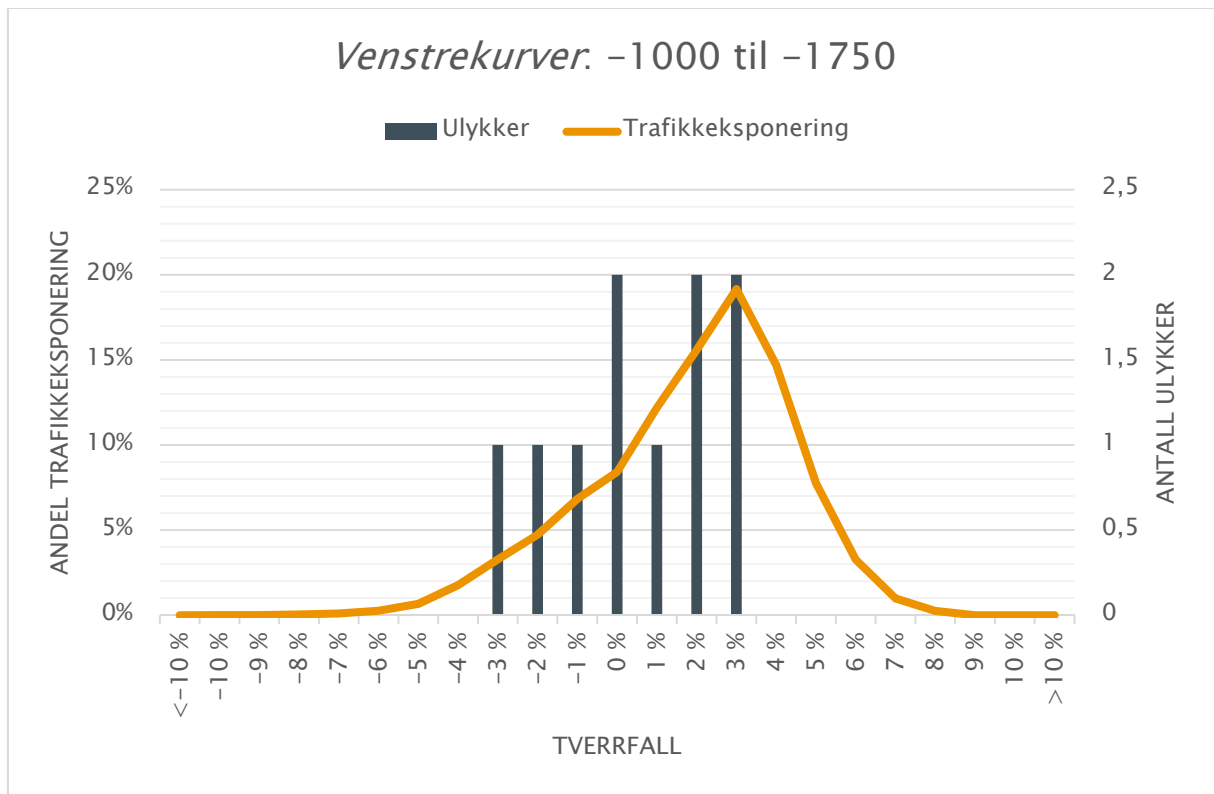
Figur V8: Estimat for middelveiden av andel ulykker i vinterhalvåret og trafikkeksponering med tverrfall utenfor vedlikeholdsstandard. Svart vertikal linje på søylen for ulykker viser konfidensintervallet innenfor 95 %.



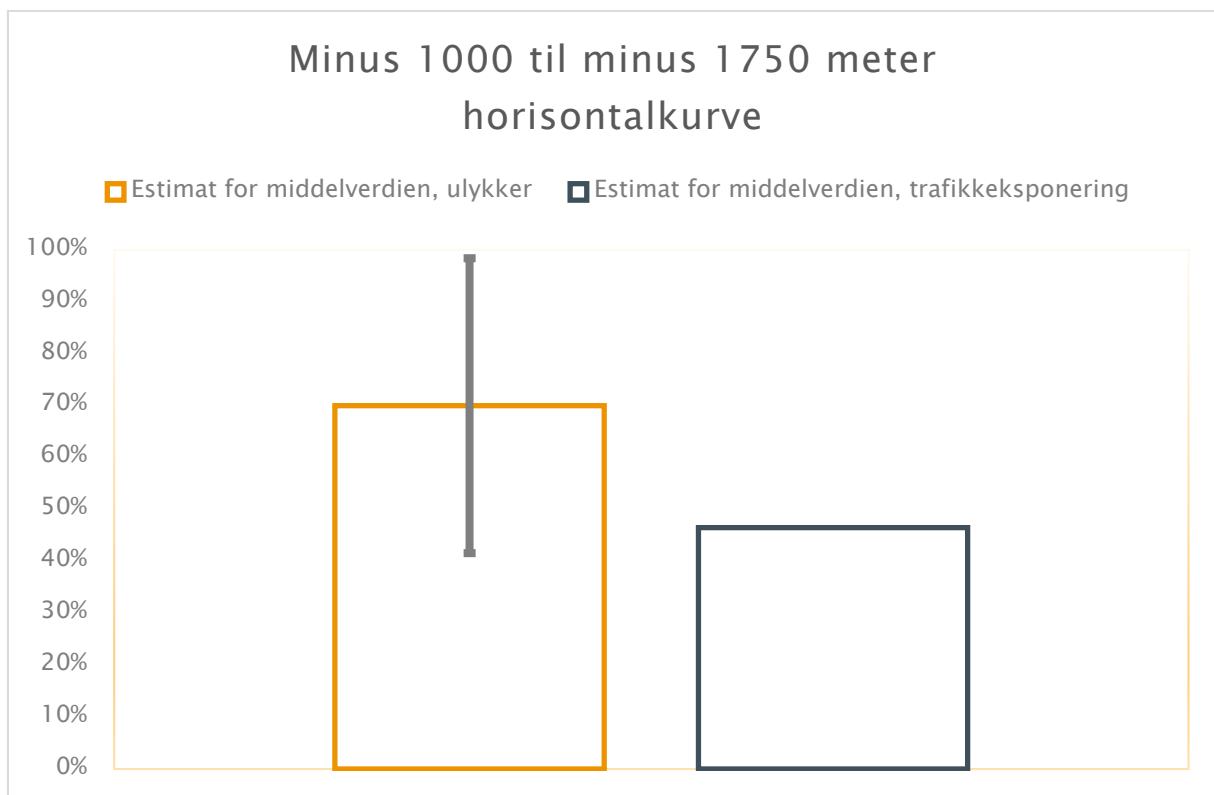
Figur V9: Andel av trafikkeksponering og antall ulykker i vinterhalvåret på rettstrekning.



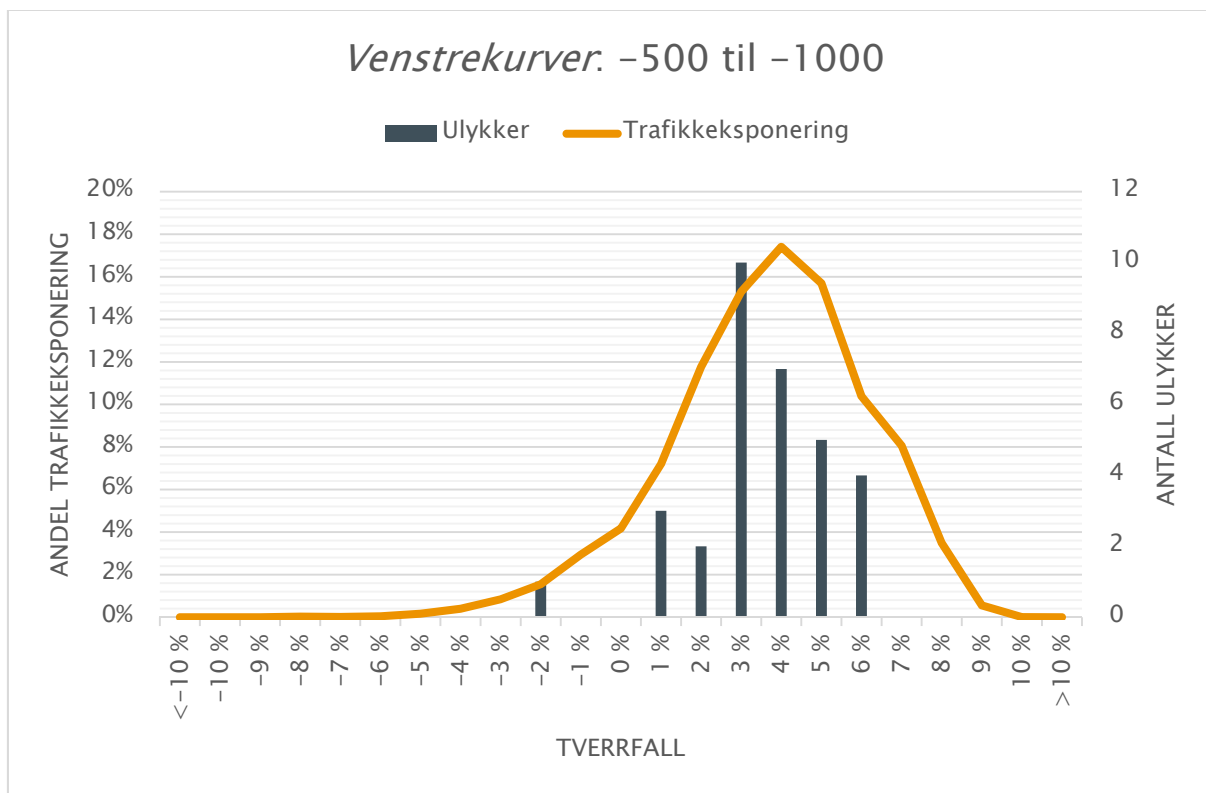
Figur V10: Estimat for middelveiden av andel ulykker i vinterhalvåret og trafikkeksponering med tverrfall utenfor vedlikeholdsstandard. Svart vertikal linje på søylen for ulykker viser konfidensintervallet innenfor 95 %.



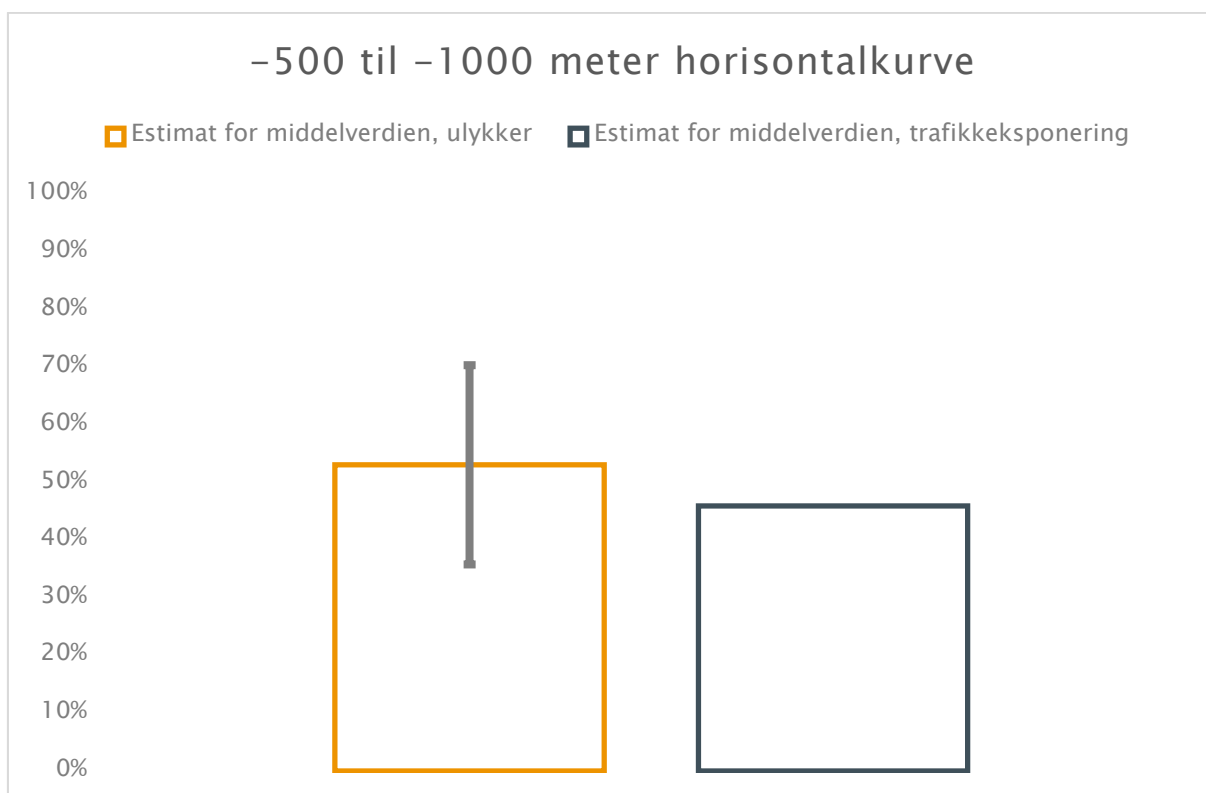
Figur V11: Andel av trafikkeksponering og antall ulykker i vinterhalvåret i venstrekurver med horisontalkurveradius på mellom 1000 og 1750 meter.



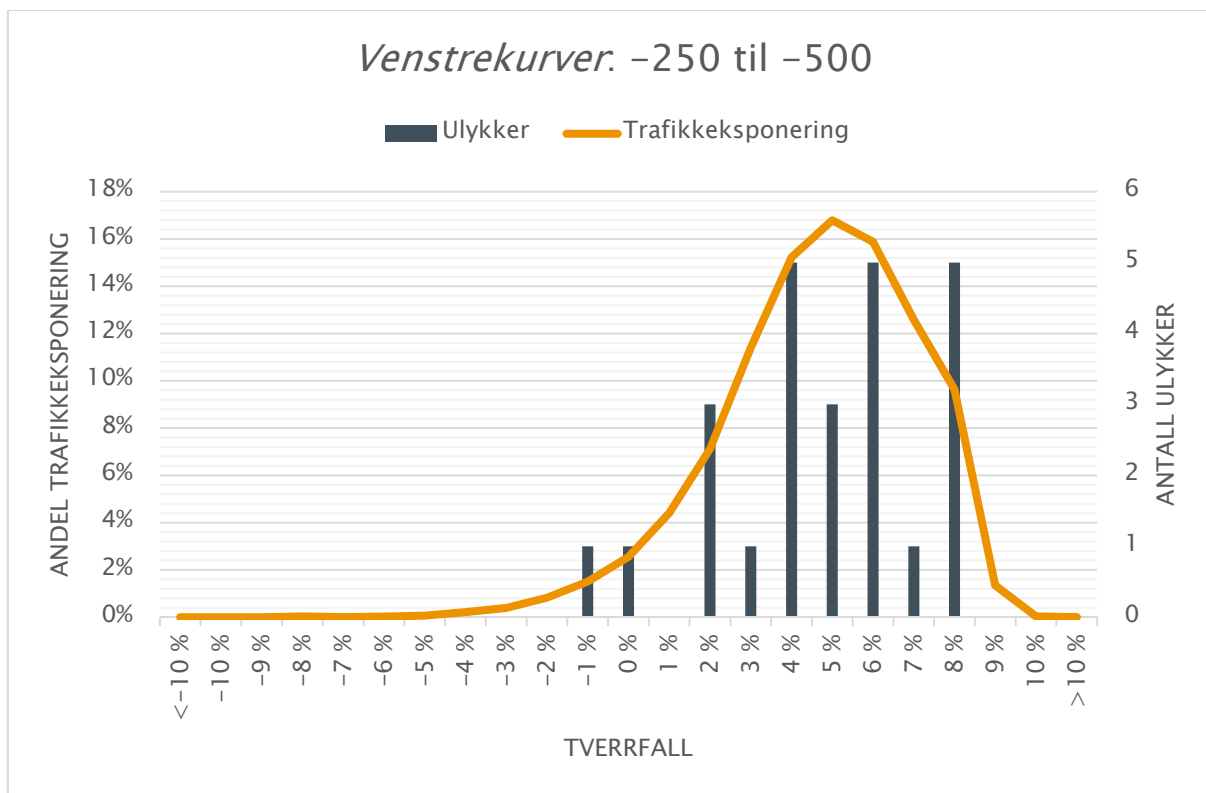
Figur V12: Estimat for middelveiden av andel ulykker i vinterhalvåret og trafikkeksponering med tverrfall utenfor vedlikeholdsstandard. Svart vertikal linje på søylen for ulykker viser konfidensintervallet innenfor 95 %.



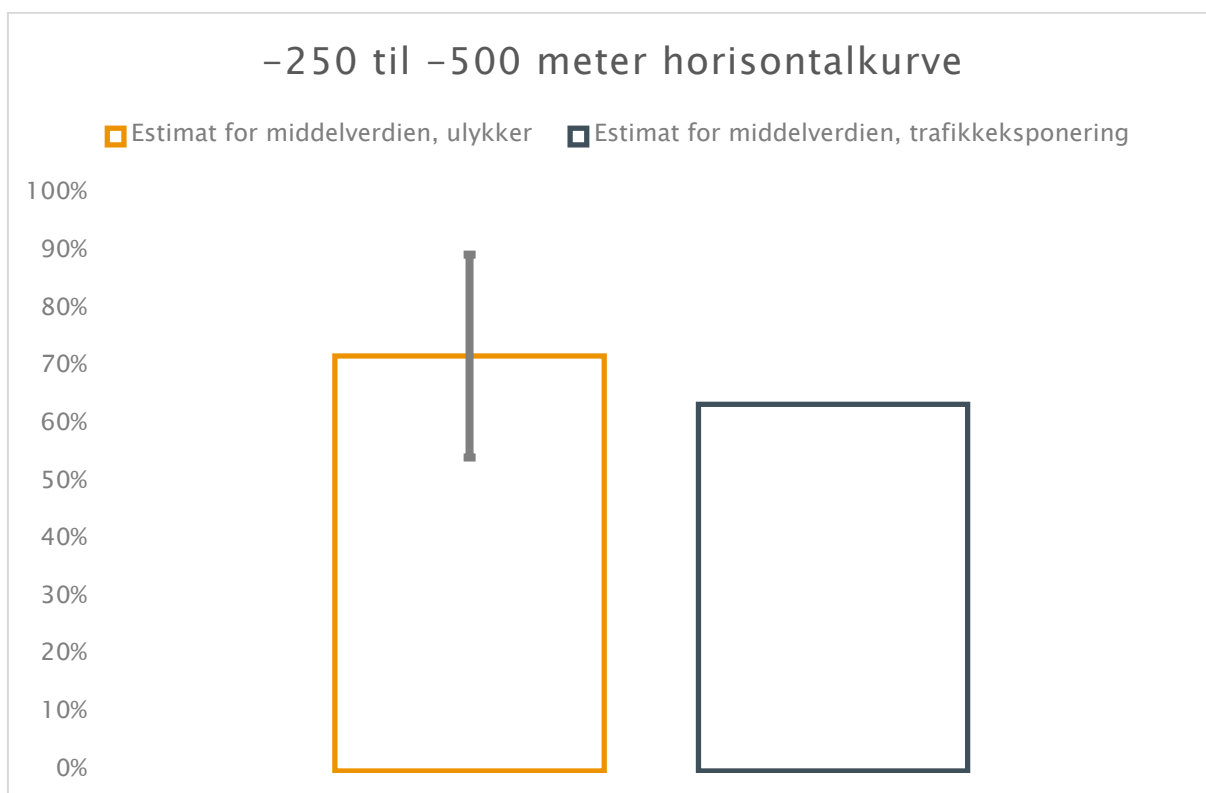
Figur V13: Andel av trafikkeksponering og antall ulykker i vinterhalvåret i venstrekurver med horisontalkurve radius på mellom 500 og 1000 meter.



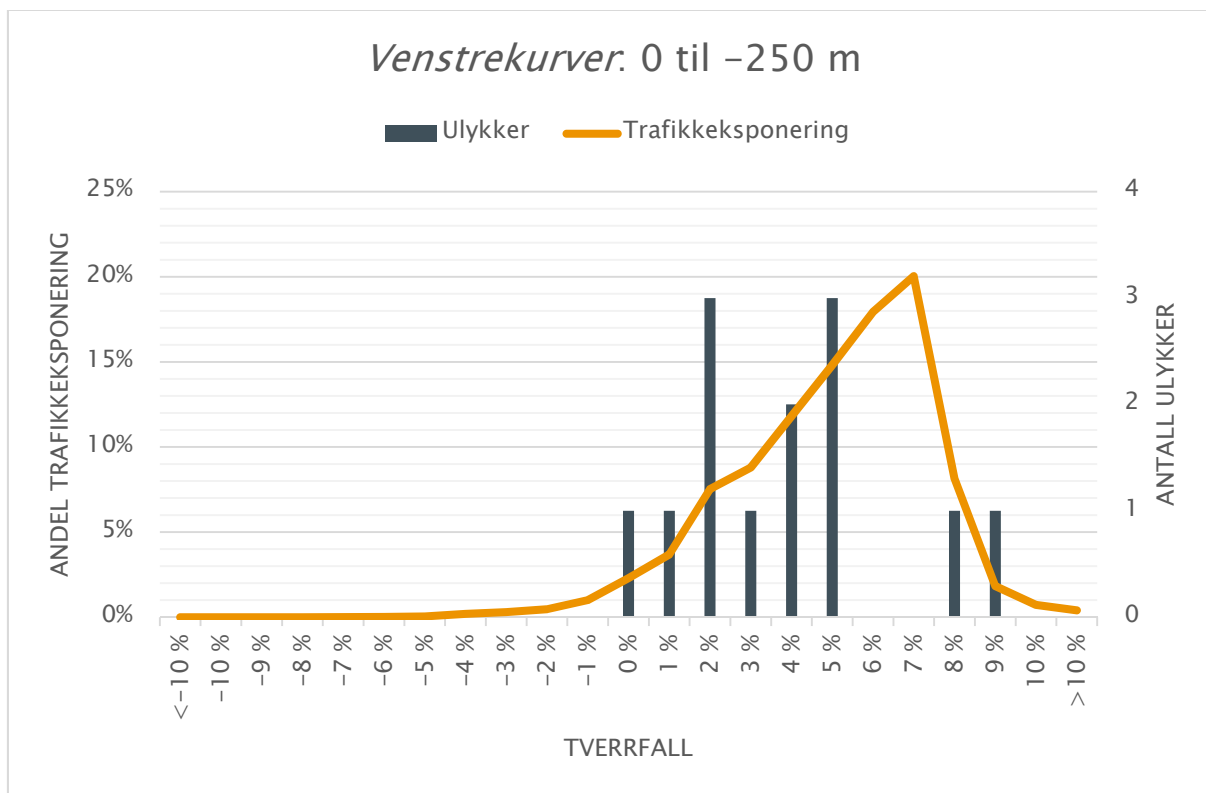
Figur V14: Estimat for middelværdien av andel ulykker i vinterhalvåret og trafikkeksponering med tverrfall utenfor vedlikeholdsstandard. Svart vertikal linje på søylen for ulykker viser konfidensintervallet innenfor 95 %.



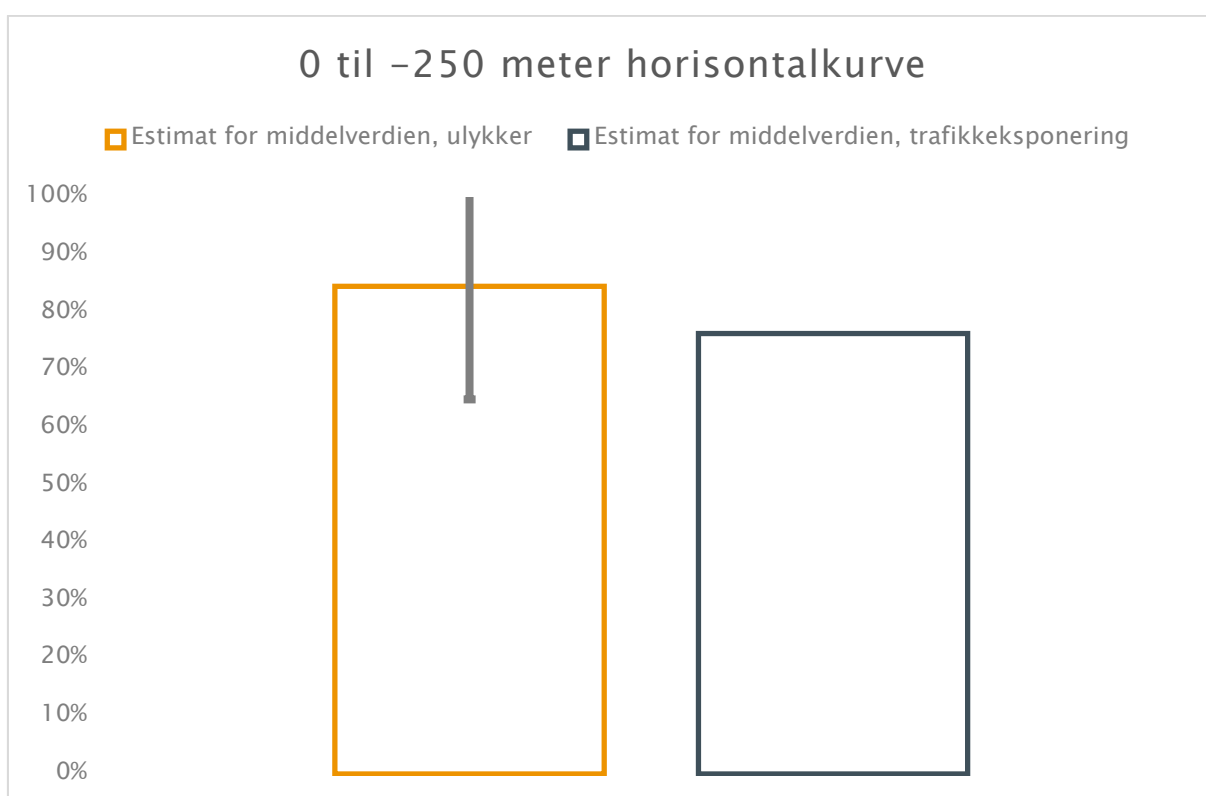
Figur V15: Andel av trafikkeksponering og antall ulykker i vinterhalvåret i venstrekurver med horisontalkurveradius på mellom 500 og 250 meter.



Figur V16: Estimat for middelværdien av andel ulykker i vinterhalvåret og trafikkeksponering med tverrfall utenfor vedlikeholdsstandard. Svart vertikal linje på søylen for ulykker viser konfidensintervallet innenfor 95 %.

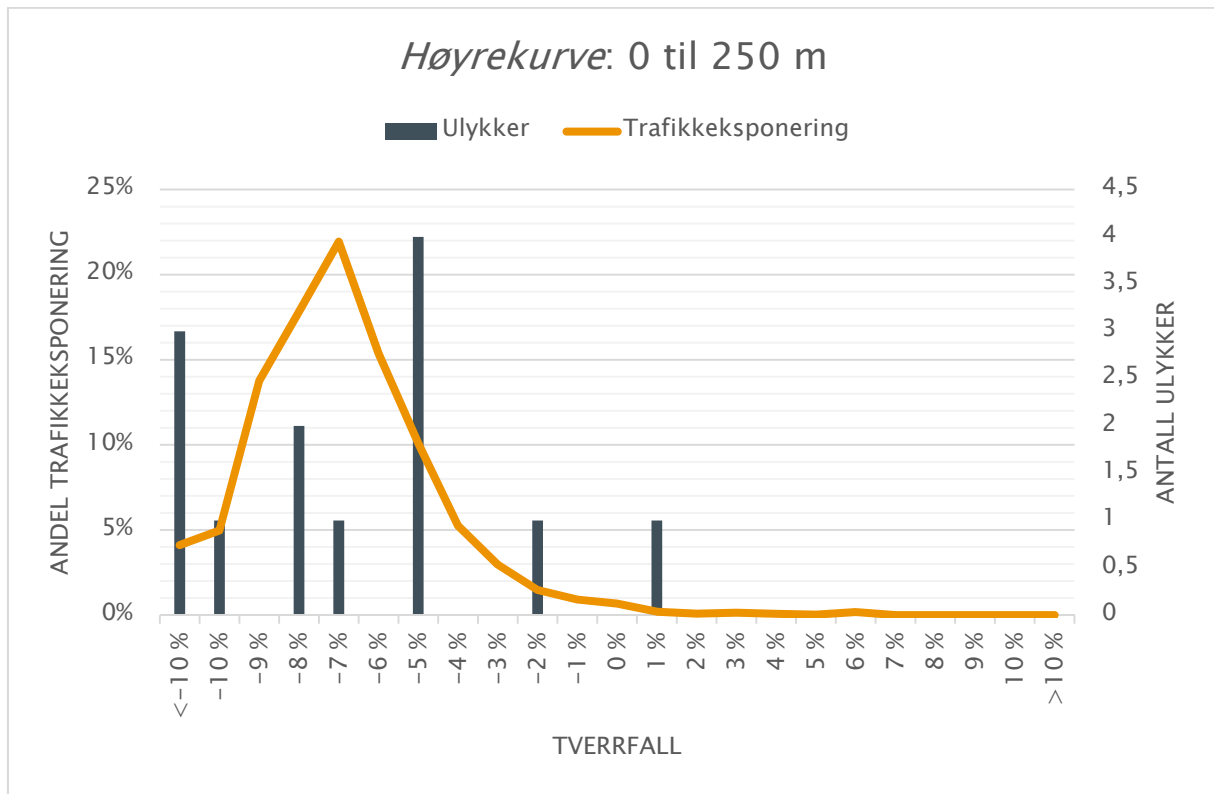


Figur V17: Andel av trafikkeksponering og antall ulykker i vinterhalvåret i venstrekurver med horisontalkurveradius på mindre enn 250 meter.

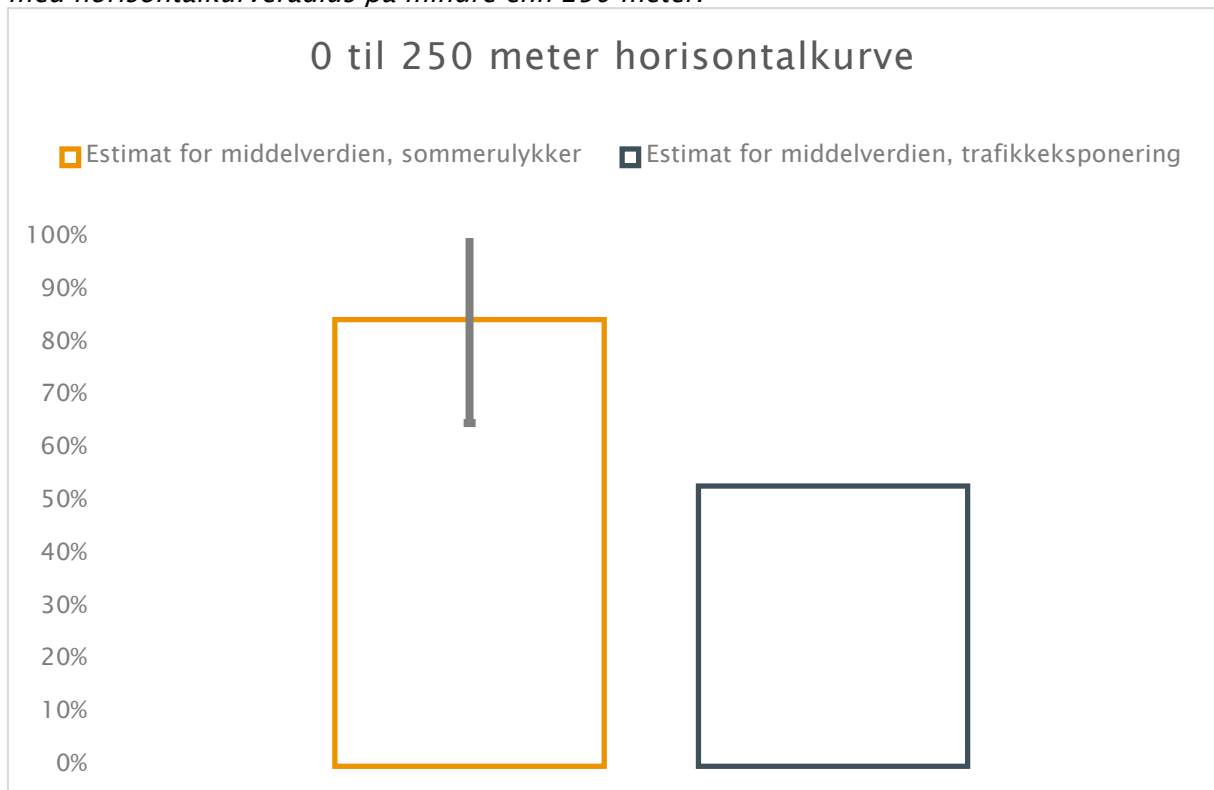


Figur V18: Estimat for middelværdien av andel ulykker i vinterhalvåret og trafikkeksponering med tverrfall utenfor vedlikeholdsstandard. Svart vertikal linje på søylen for ulykker viser konfidensintervallet innenfor 95 %.

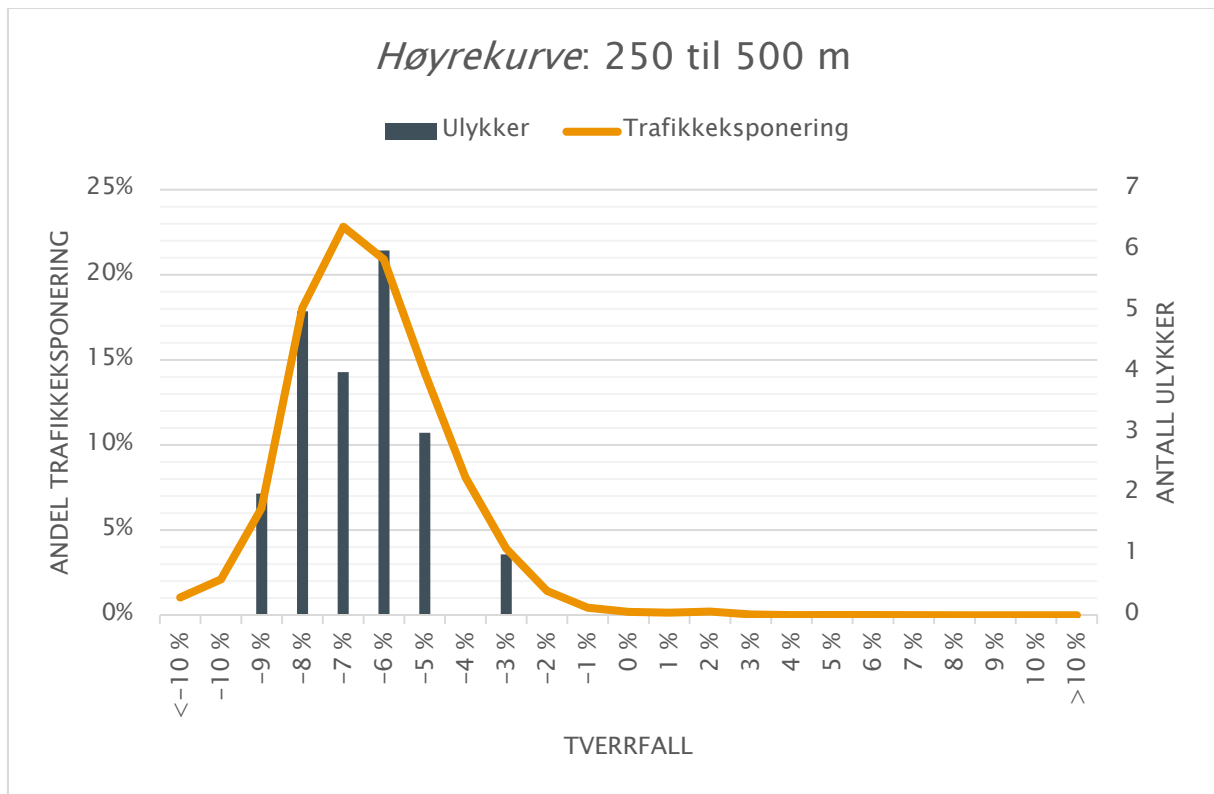
Ulykker i sommerhalvåret (april, mai, juni, juli, august, september):



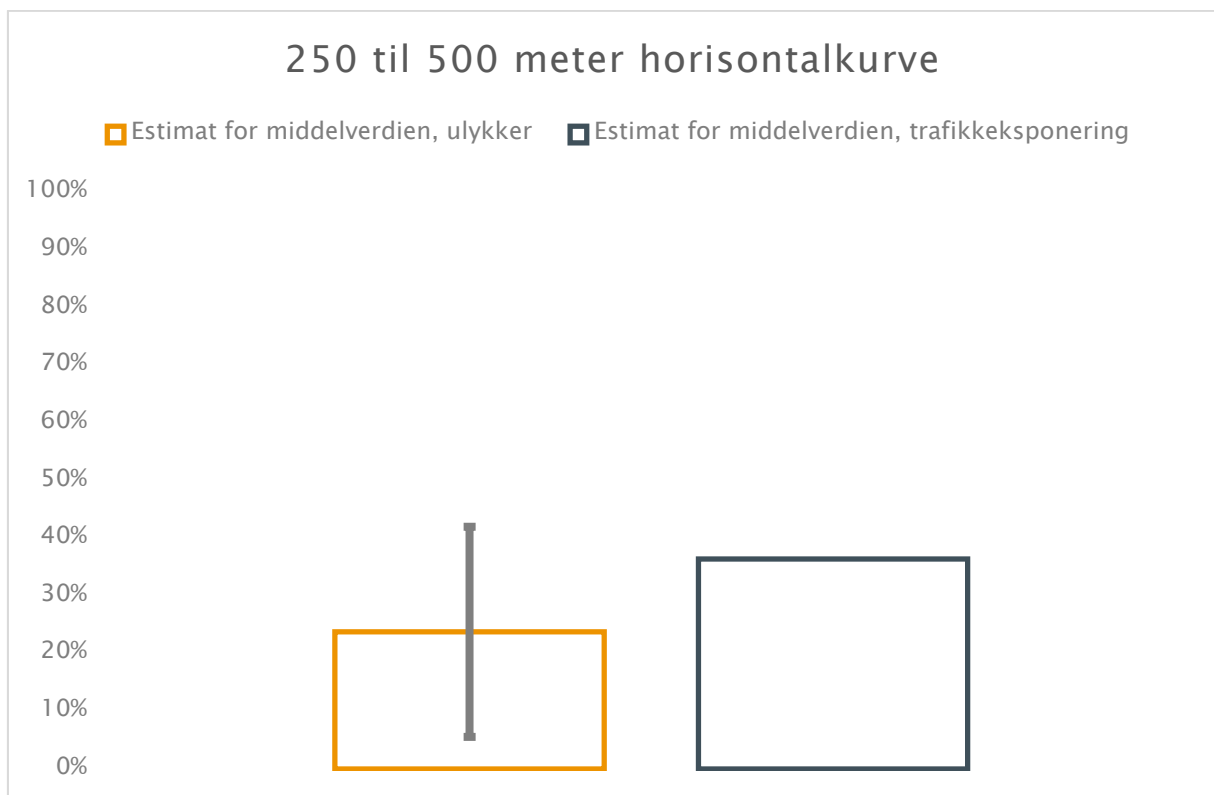
Figur V19: Andel av trafikkeksponering og antall ulykker i sommerhalvåret i høyrekurver med horisontalkurveradius på mindre enn 250 meter.



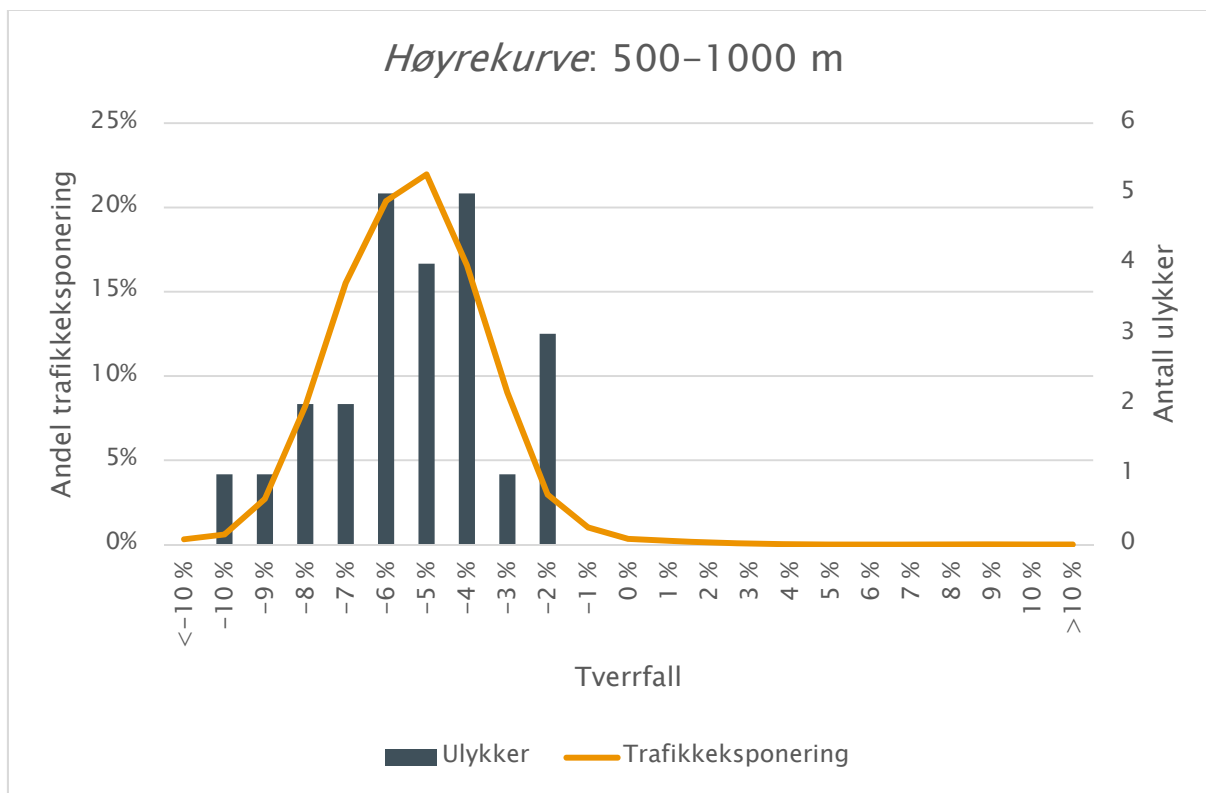
Figur V20: Estimat for middelveiden av andel ulykker i sommerhalvåret og trafikkeksponering med tverrfall utenfor vedlikeholdsstandard. Svart vertikal linje på søylen for ulykker viser konfidensintervallet innenfor 95 %.



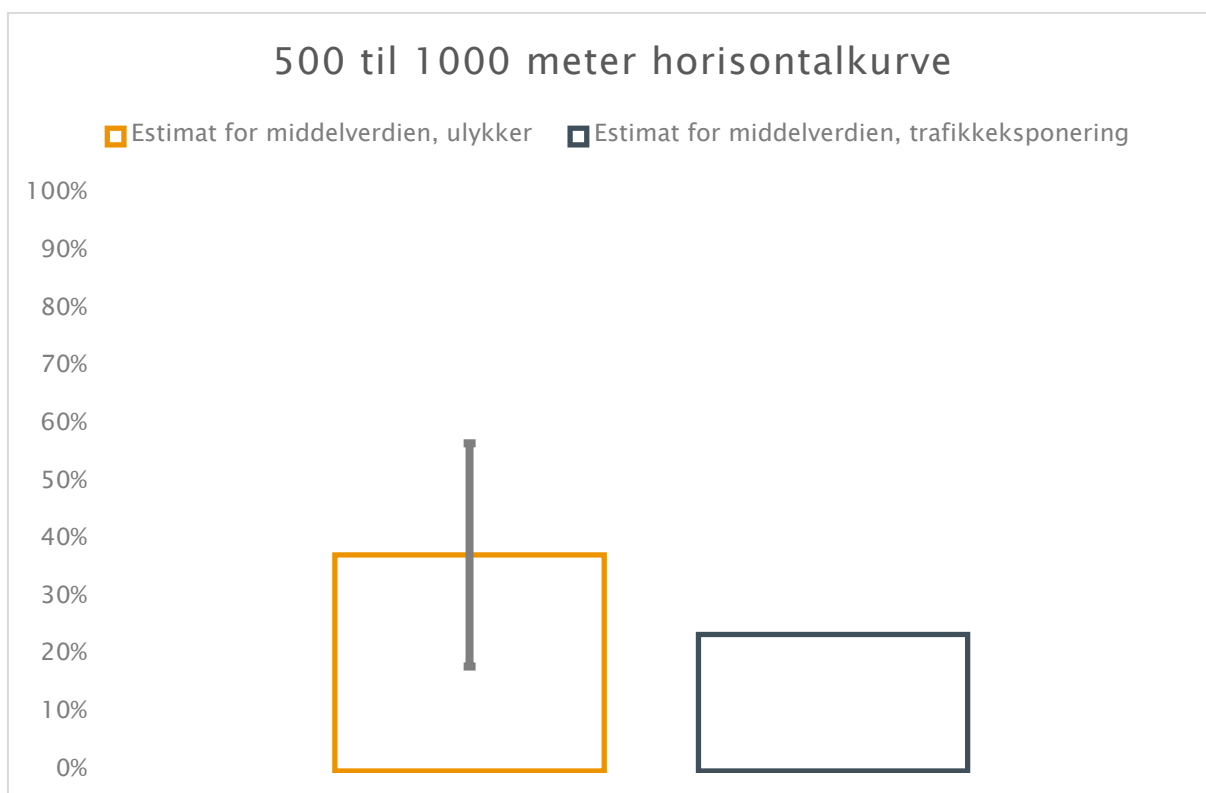
Figur V21: Andel av trafikkeksponering og antall ulykker i sommerhalvåret i høyrekurver med horisontalkurveradius på mellom 250 og 500 meter.



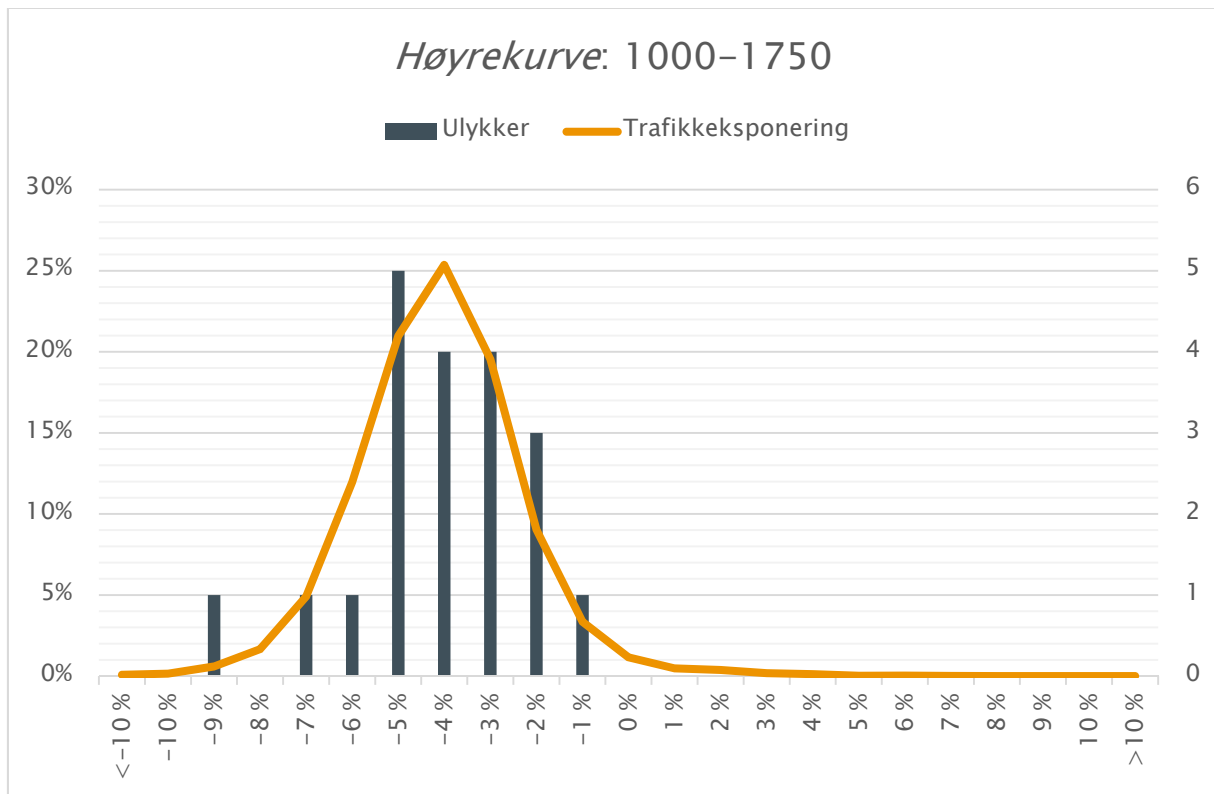
Figur V22: Estimat for middelverdien av andel ulykker i sommerhalvåret og trafikkeksponering med tverrfall utenfor vedlikeholdsstandard. Svart vertikal linje på søylen for ulykker viser konfidensintervallet innenfor 95 %.



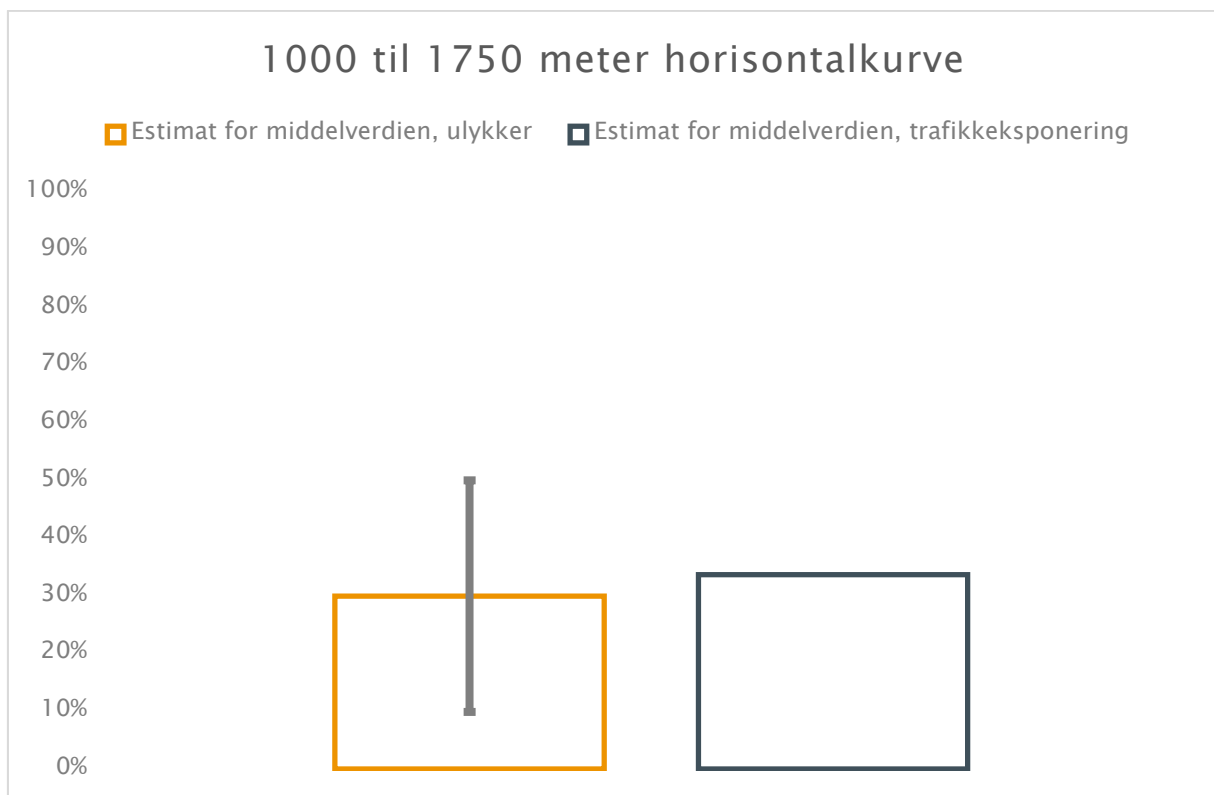
Figur V23: Andel av trafikkeksponering og antall ulykker i sommerhalvåret i høyrekurver med horisontalkurveradius på mellom 500 og 1000 meter.



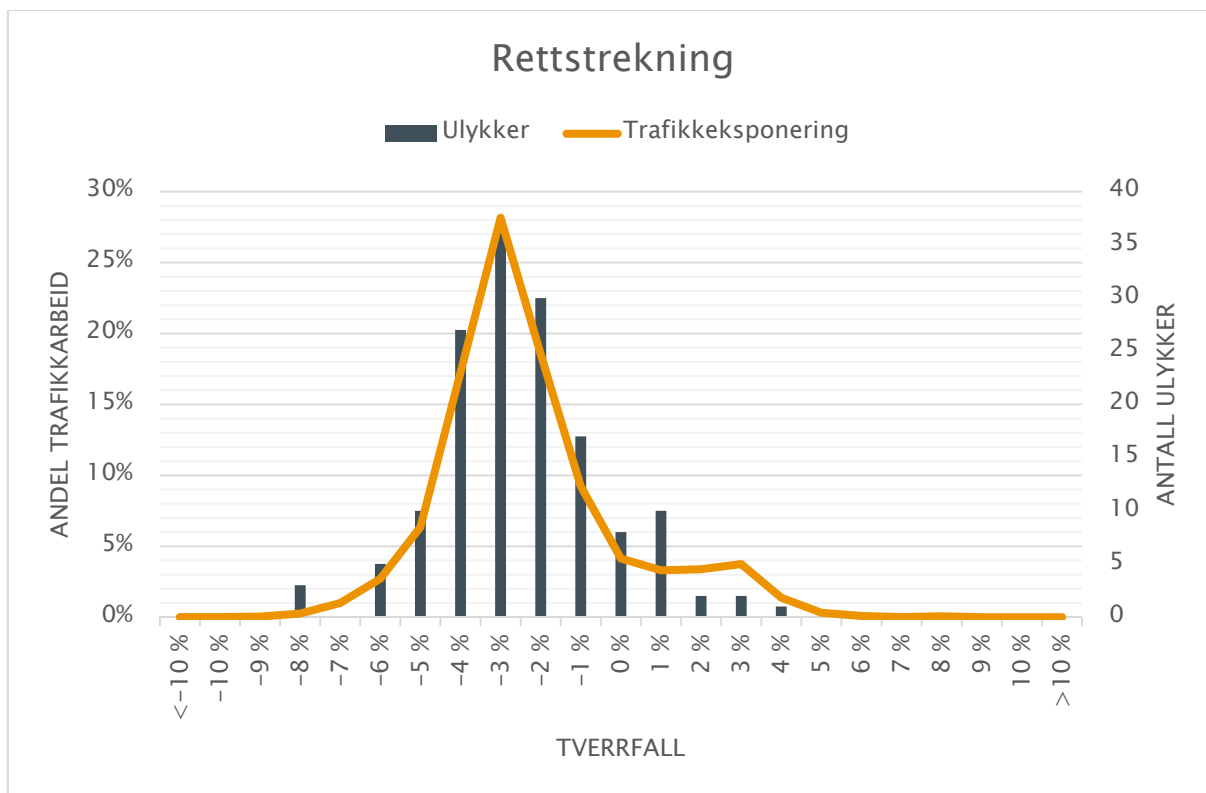
Figur V24: Estimat for middelværdien av andel ulykker i sommerhalvåret og trafikkeksponering med tverrfall utenfor vedlikeholdsstandard. Svart vertikal linje på søylen for ulykker viser konfidensintervallet innenfor 95 %.



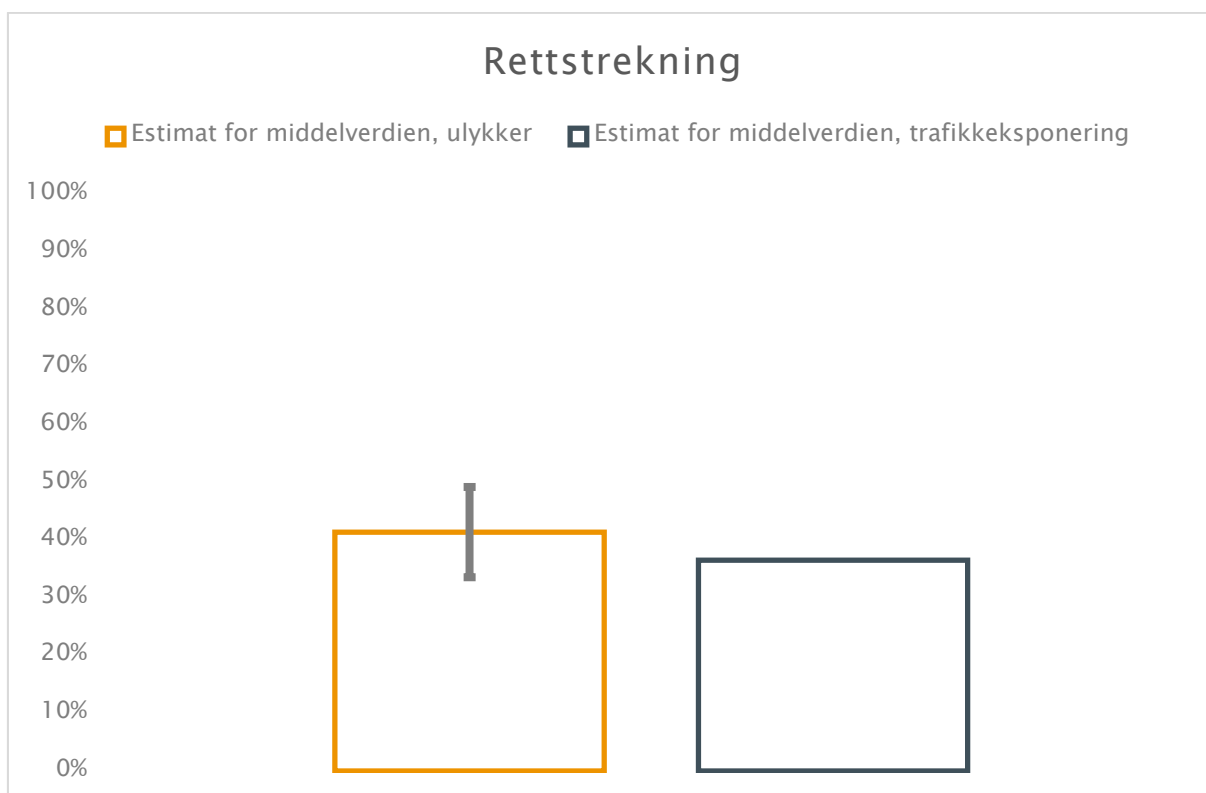
Figur V25: Andel av trafikkeksponering og antall ulykker i sommerhalvåret i høyrekurver med horisontalkurveradius på mellom 1000 og 1750 meter.



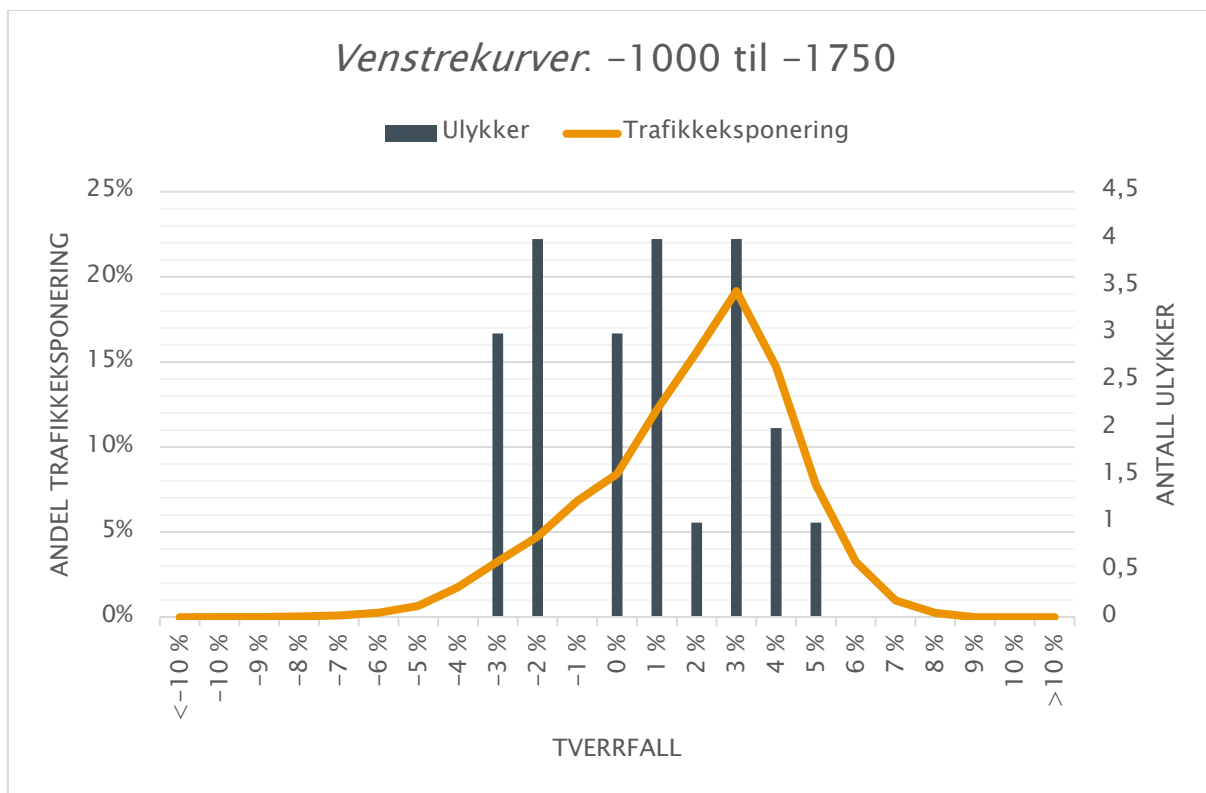
Figur V26: Estimat for middelverdien av andel ulykker i sommerhalvåret og trafikkeksponering med tverrfall utenfor vedlikeholdsstandard. Svart vertikal linje på søylen for ulykker viser konfidensintervallet innenfor 95 %.



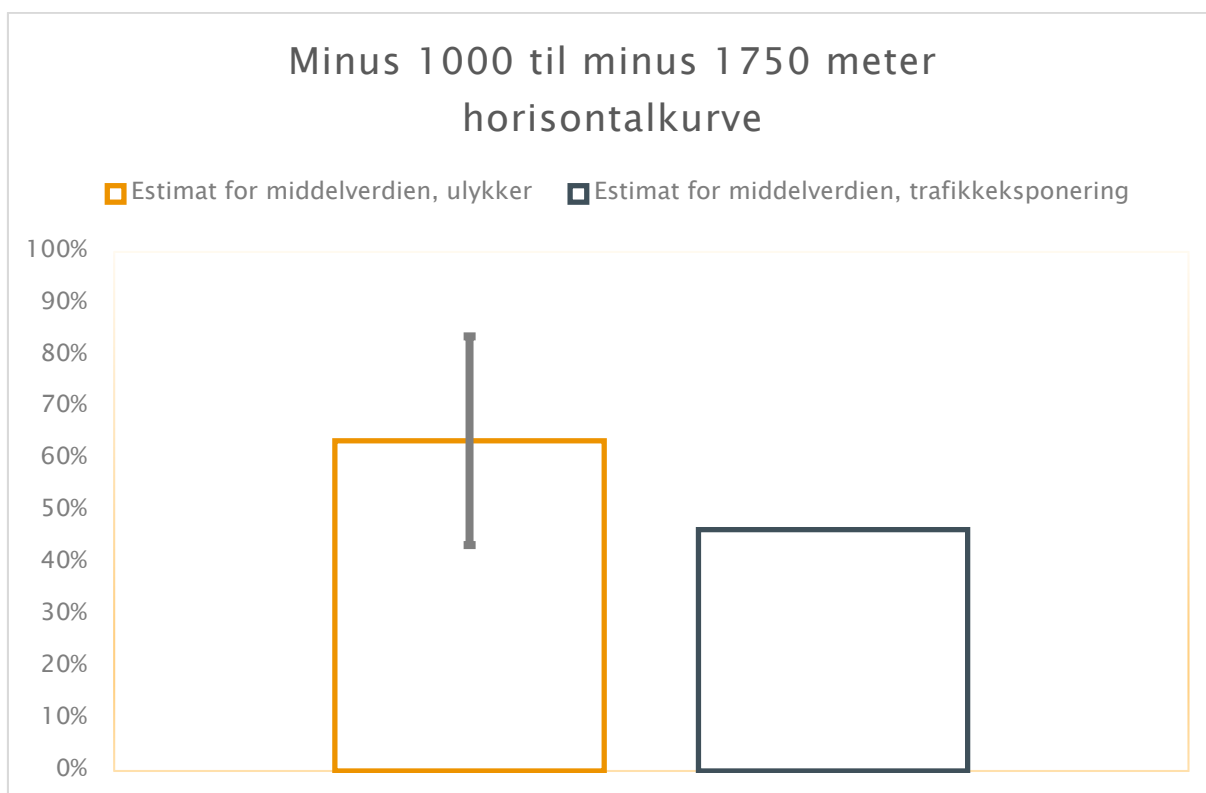
Figur V27: Andel av trafikkeksponering og antall ulykker i sommerhalvåret på rettstrekninger.



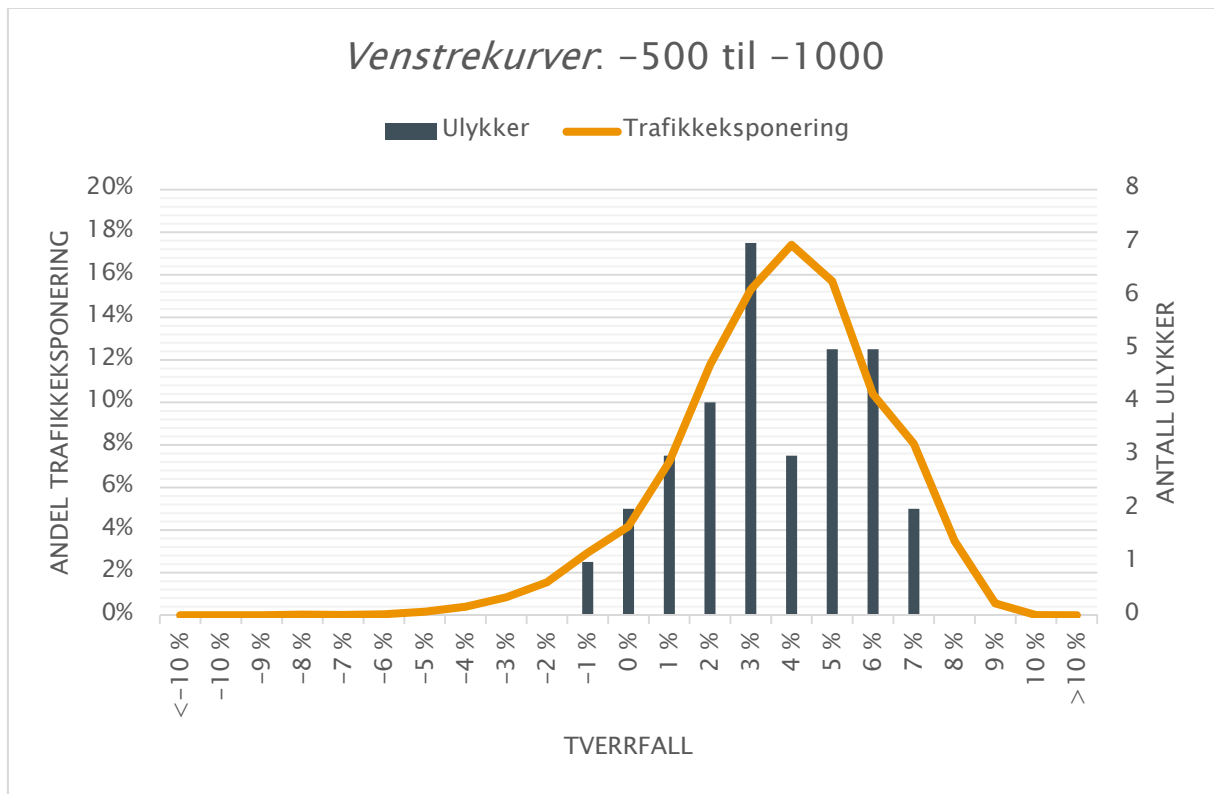
Figur V28: Estimat for middelveiden av andel ulykker i sommerhalvåret og trafikkeksponering med tverrfall utenfor vedlikeholdsstandard. Svart vertikal linje på søylen for ulykker viser konfidensintervallet innenfor 95 %.



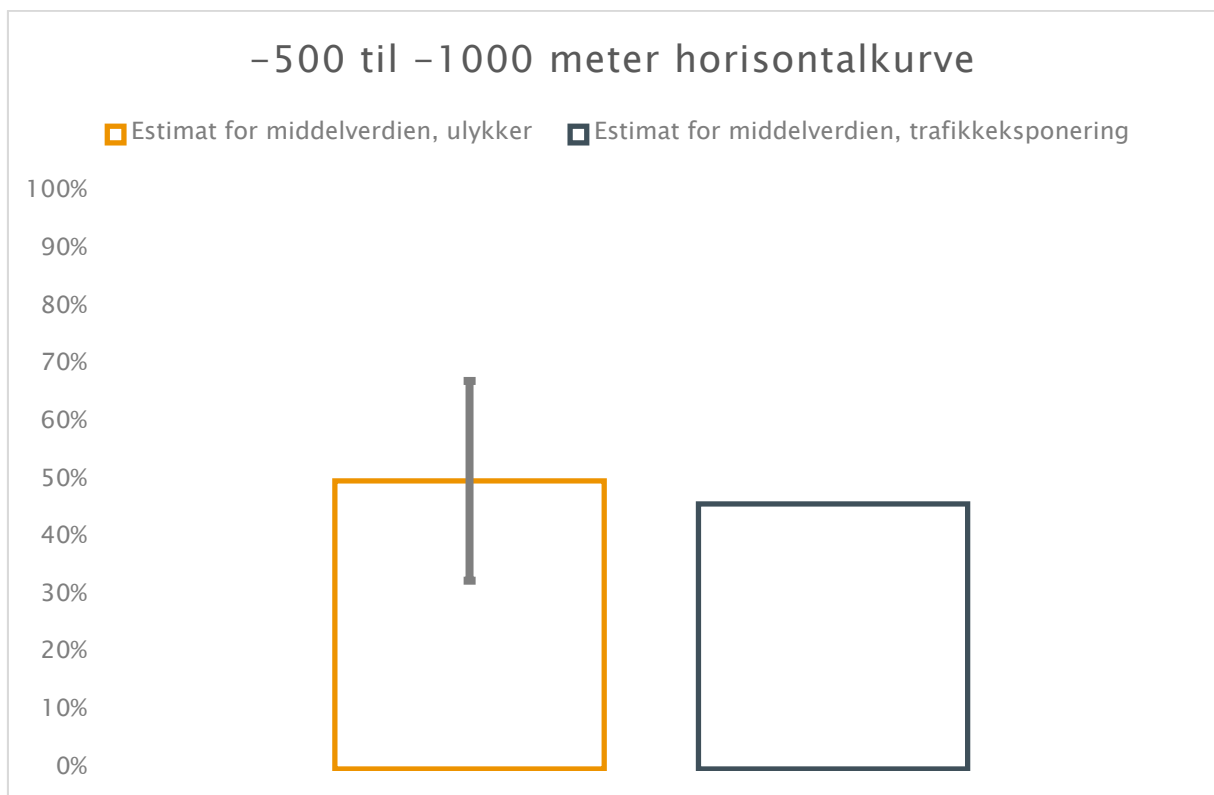
Figur V29: Andel av trafikkeksponering og antall ulykker i sommerhalvåret i venstrekurver med horisontalkurveradius på mellom 1000 og 1750 meter.



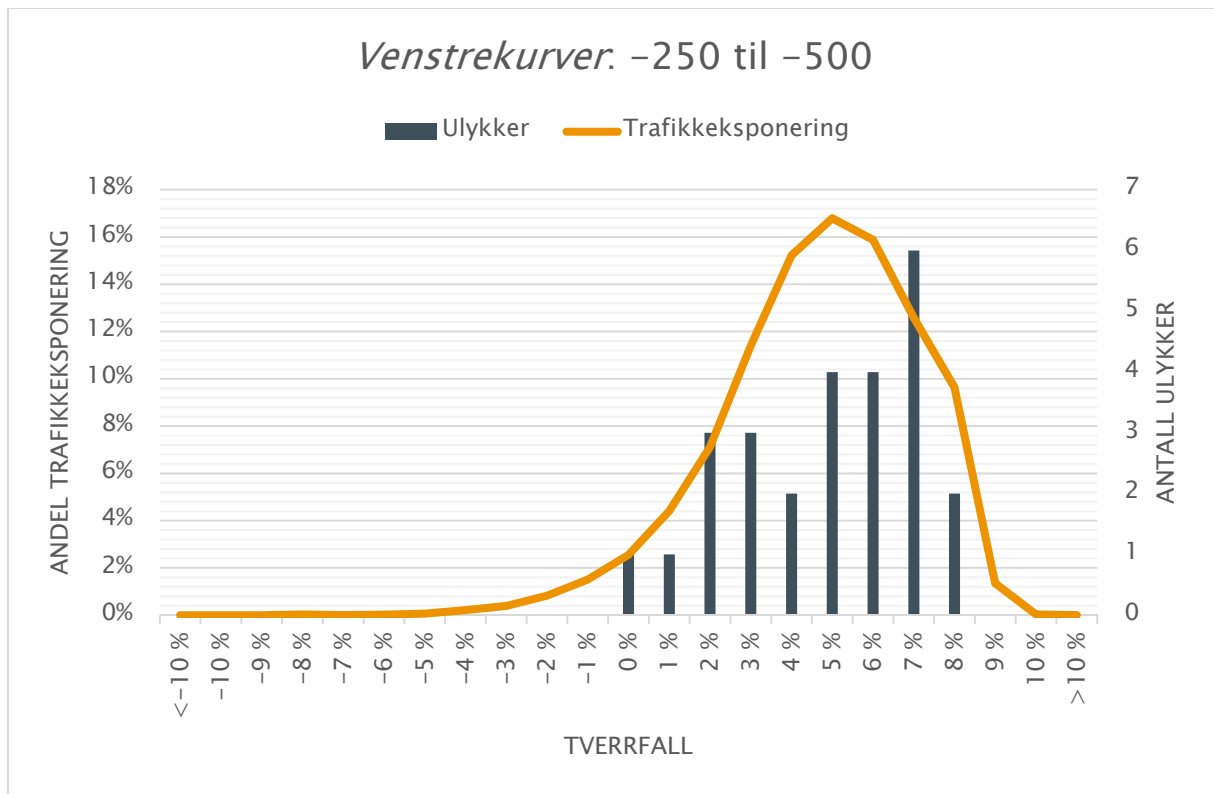
Figur V30: Estimat for middelveiden av andel ulykker i sommerhalvåret og trafikkeksponering med tverrfall utenfor vedlikeholdsstandard. Svart vertikal linje på søylen for ulykker viser konfidensintervallet innenfor 95 %.



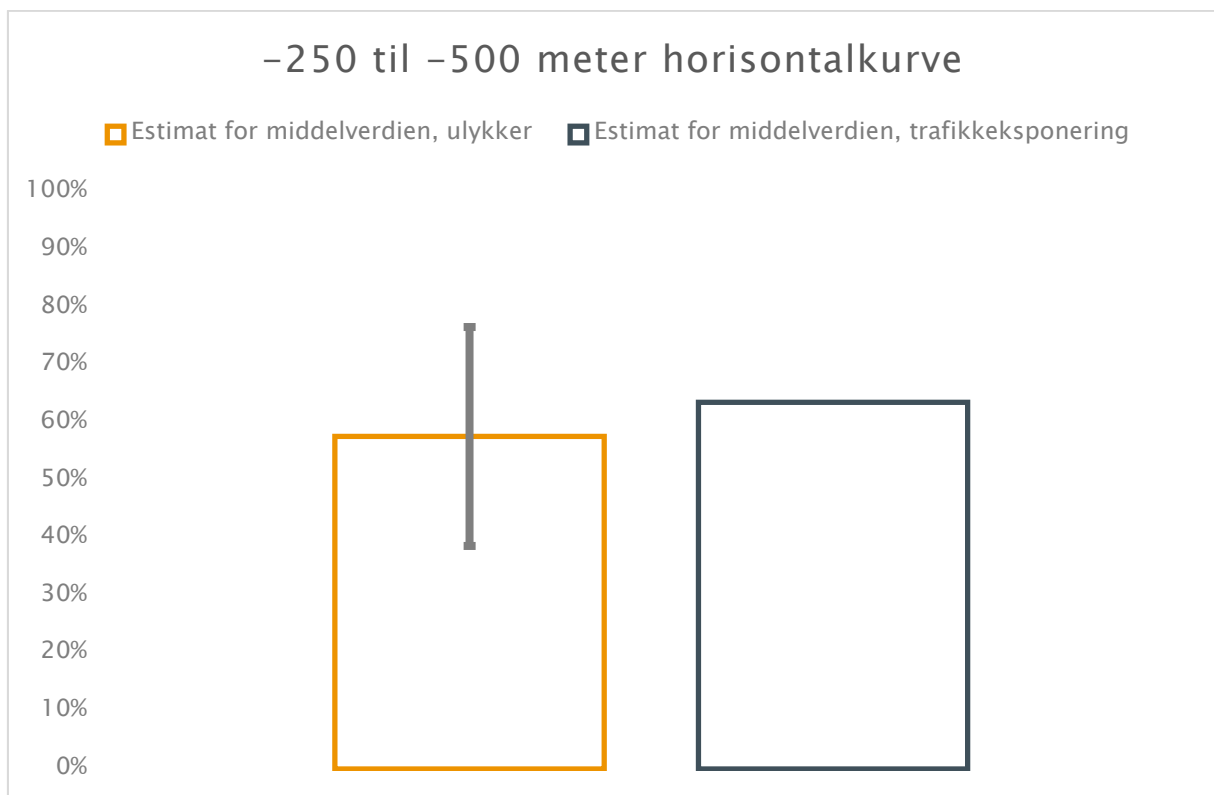
Figur V31: Andel av trafikkeksponering og antall ulykker i sommerhalvåret i venstrekurver med horisontalkurveradius på mellom 500 og 1000 meter.



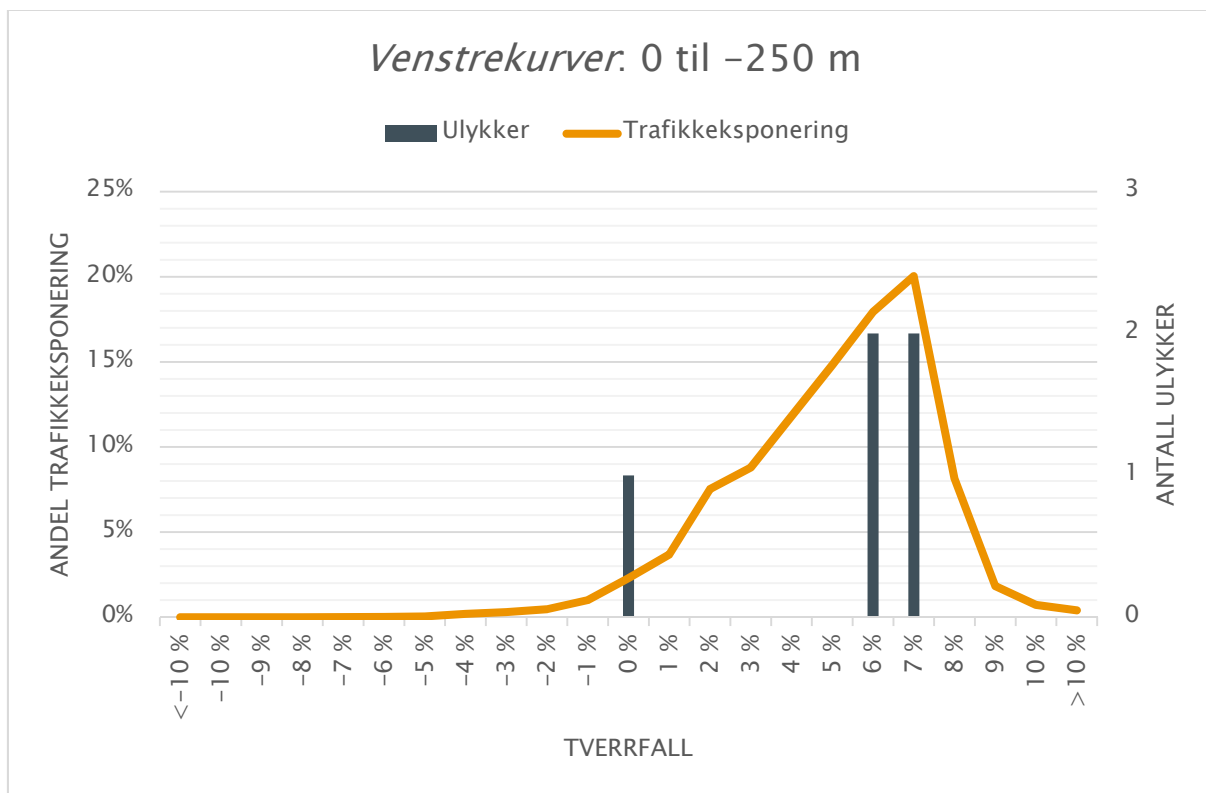
Figur V32: Estimat for middelværdien av andel ulykker i sommerhalvåret og trafikkeksponering med tverrfall utenfor vedlikeholdsstandard. Svart vertikal linje på søylen for ulykker viser konfidensintervallet innenfor 95 %.



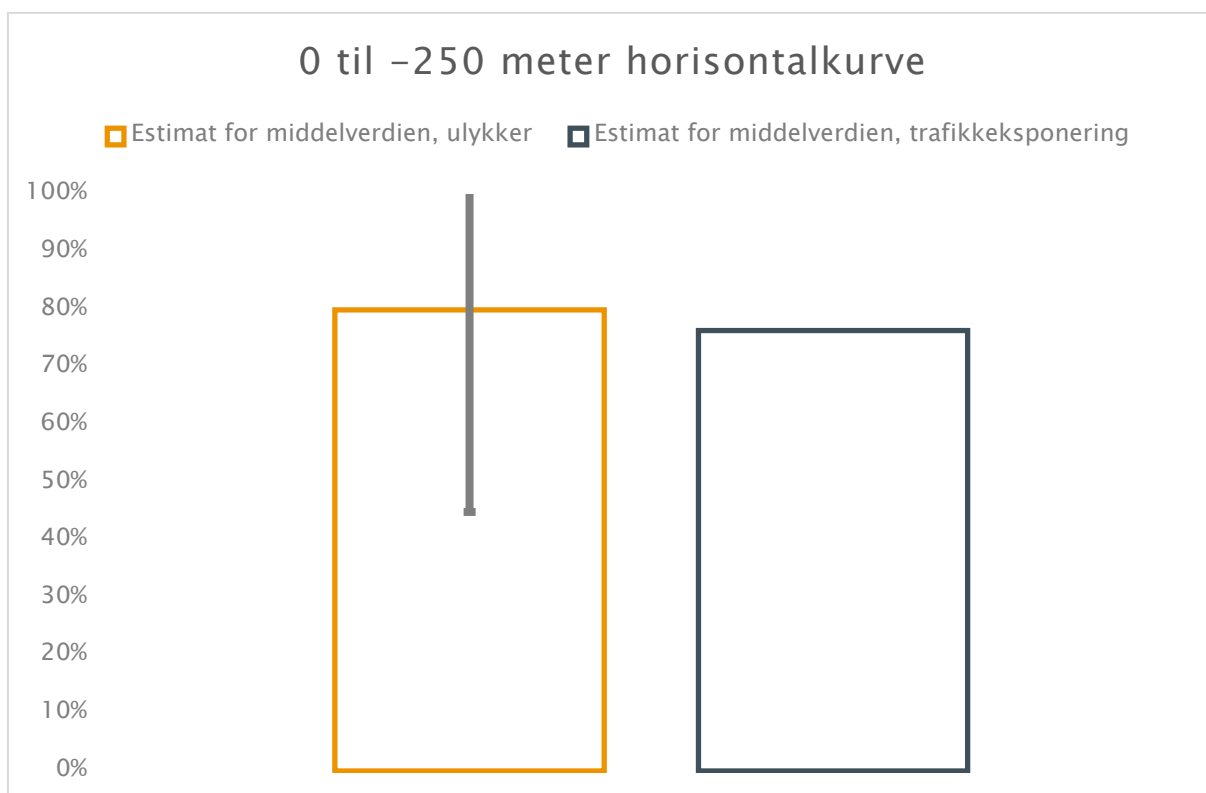
Figur V33: Andel av trafikkeksponering og antall ulykker i sommerhalvåret i venstrekurver med horisontalkurveradius på mellom 250 og 500 meter.



Figur V34: Estimat for middelveiden av andel ulykker i sommerhalvåret og trafikkeksponering med tverrfall utenfor vedlikeholdsstandard. Svart vertikal linje på søylen for ulykker viser konfidensintervallet innenfor 95 %.



Figur V35: Andel av trafikkeksponering og antall ulykker i sommerhalvåret i venstrekurver med horisontalkurveradius på mindre enn 250 meter.



Figur V36: Estimat for middelværdien av andel ulykker i sommerhalvåret og trafikkeksponering med tverrfall utenfor vedlikeholdsstandard. Svart vertikal linje på søylen for ulykker viser konfidensintervallet innenfor 95 %.

Vedlegg 3: Trafikkesponering og ulykkestall i prosent

Regner vi om tallene til prosenter og setter trafikkesponering og ulykker inn i samme tabell vil resultatene kunne sammenlignes slik det er gjort i tabellene under:

Horisontalkurveradiusintervall								
Høyrekurve								
Tverrfall	0 til 250		250 til 500		500 til 1000		1000 til 1750	
Data	Trafikkesponering	Ulykker (n=29)	Trafikkesponering	Ulykker (n=44)	Trafikkesponering	Ulykker (n=48)	Trafikkesponering	Ulykker (n=38)
<-10 %	4 %	14 %	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
-10 %	5 %	7 %	2 %	0 %	1 %	2 %	0 %	0 %
-9 %	14 %	7 %	6 %	5 %	3 %	4 %	1 %	3 %
-8 %	18 %	31 %	18 %	27 %	8 %	4 %	2 %	3 %
-7 %	22 %	14 %	23 %	23 %	16 %	10 %	5 %	5 %
-6 %	15 %	3 %	21 %	20 %	20 %	31 %	12 %	8 %
-5 %	10 %	14 %	14 %	18 %	22 %	17 %	21 %	26 %
-4 %	5 %	0 %	8 %	2 %	17 %	17 %	25 %	26 %
-3 %	3 %	3 %	4 %	5 %	9 %	6 %	20 %	18 %
-2 %	1 %	3 %	1 %	0 %	3 %	8 %	9 %	8 %
-1 %	1 %	0 %	0 %	0 %	1 %	0 %	3 %	3 %
0 %	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	1 %	0 %
1 %	0 %	3 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
2 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
3 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
4 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
5 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
6 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
7 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
8 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
9 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
10 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
>10 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %

Tabell V1: Andel av ulykker og trafikkesponering fordelt på horisontalkurveradius og tverrfallsverdi, høyrekurver.

Horisontalkurveradiusintervall								
Venstrekurve								
Tverrfall	-1000 til -1750		-500 til -1000		-250 til -500		0 til -250	
Data	Trafikkesponering	Ulykker (n=32)	Trafikkesponering	Ulykker (n=64)	Trafikkesponering	Ulykker (n=51)	Trafikkesponering	Ulykker (n=18)
<-10 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
-10 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
-9 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
-8 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
-7 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
-6 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
-5 %	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
-4 %	2 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
-3 %	3 %	13 %	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
-2 %	5 %	16 %	2 %	2 %	1 %	0 %	0 %	0 %
-1 %	7 %	3 %	3 %	2 %	2 %	2 %	1 %	0 %
0 %	8 %	16 %	4 %	3 %	3 %	4 %	2 %	11 %
1 %	12 %	16 %	7 %	9 %	4 %	2 %	4 %	6 %
2 %	16 %	9 %	12 %	9 %	7 %	12 %	8 %	17 %
3 %	19 %	19 %	15 %	27 %	11 %	8 %	9 %	6 %
4 %	15 %	6 %	17 %	16 %	15 %	14 %	12 %	11 %
5 %	8 %	3 %	16 %	16 %	17 %	14 %	15 %	17 %
6 %	3 %	0 %	10 %	14 %	16 %	18 %	18 %	11 %
7 %	1 %	0 %	8 %	3 %	13 %	14 %	20 %	11 %
8 %	0 %	0 %	3 %	0 %	10 %	14 %	8 %	6 %
9 %	0 %	0 %	1 %	0 %	1 %	0 %	2 %	6 %
10 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	1 %	0 %
>10 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %

Tabell V2: Andel av ulykker og trafikkesponering fordelt på horisontalkurveradius og tverrfallsverdi, venstrekurver.

Tverrfall	Rettsrekning	
	Trafikkesponering	Ulykker (n=265)
<-10 %	0 %	0 %
-10 %	0 %	0 %
-9 %	0 %	0 %
-8 %	0 %	1 %
-7 %	1 %	1 %
-6 %	3 %	3 %
-5 %	6 %	6 %
-4 %	17 %	16 %
-3 %	28 %	25 %
-2 %	19 %	22 %
-1 %	9 %	12 %
0 %	4 %	4 %
1 %	3 %	5 %
2 %	3 %	2 %
3 %	4 %	2 %
4 %	1 %	0 %
5 %	0 %	0 %
6 %	0 %	0 %
7 %	0 %	0 %
8 %	0 %	0 %
9 %	0 %	0 %
10 %	0 %	0 %
>10 %	0 %	0 %

Tabell V3: Andel av ulykker og trafikkesponering fordelt på horisontalkurveradius og tverrfallsverdi, rettsrekning.

Tverrfall	Horisontalkurveradiusintervall								
	Høyrekurve				Rettsrekning	Venstrekurve			
	0 til 250	250 til 500	500 til 1000	1000 til 1750		-1000 til -1750	-500 til -1000	-250 til -500	0 til -250
<-10 %	325569	320598	168643	34825	9951	450	0	0	0
-10 %	393593	646618	324654	62443	37375	936	0	0	0
-9 %	1092123	1935101	1470923	254198	138815	2205	0	0	0
-8 %	1413973	5552066	4462207	710433	749252	18249	14999	9000	0
-7 %	1740498	7011436	8421137	2104243	2970197	43273	8307	825	500
-6 %	1220844	6420557	11066888	5127829	8055806	111779	21832	6891	1400
-5 %	800137	4379165	11926497	8987912	18810377	281818	85963	19344	3021
-4 %	416799	2486556	8991635	10866556	51159646	749016	212952	63856	14109
-3 %	235140	1203600	4902527	8372001	83440626	1391709	451716	116218	21314
-2 %	116549	439198	1608944	3872270	54905336	2006149	833359	246947	33779
-1 %	72119	134522	553008	1432448	27346364	2901873	1583981	452571	71847
0 %	53449	58611	179241	497306	12247414	3570529	2252833	764756	164361
1 %	15202	45427	118744	205221	9785551	5173467	3885642	1323002	264370
2 %	6316	64051	66236	162167	10025845	6611060	6347825	2136453	541291
3 %	11112	12599	28171	75531	11091742	8133673	8254685	3419909	631676
4 %	6042	2550	831	49779	4073620	6239363	9390508	4568010	848687
5 %	1800	2904	2949	7914	917155	3291786	8465641	5039509	1064730
6 %	14185	5691	655	11382	251270	1385579	5604615	4767024	1288399
7 %	0	0	0	4761	30015	419088	4351025	3776299	1439865
8 %	0	0	740	0	180491	107361	1880690	2888533	584665
9 %	0	0	0	0	3873	325	300814	404278	131343
10 %	0	0	0	0	0	0	2372	10298	52148
>10 %	0	0	0	0	0	500	325	603	28757

Tabell V4: Trafikkesponering fordelt på horisontalkurveradiusintervall og tverrfall.

Vedlegg 4: Beregning av risiko ved forskjellige horisontalkurveradier

Jeg har tall for trafikkesponering for hver horisontalkurveintervall. Det vil si sum av alle ÅDT-tall på punkter målt med verdier innenfor de forskjellige horisontalkurveradiene. Punktene er som nevnt målt per 20. meter.

Jeg har også tall for antall møte- og utforkjøringsulykker fra 2010 til 2014 med drepte og hardt skadde.

For å få trafikkesponeringstall og ulykkestall som representerer et år må jeg dele ulykkestallene på fem år og gange trafikkesponeringstallene med 365 dager fordi ulykkestallene er for fem år og ÅDT tallene er for ett døgn.

Deretter kan jeg beregne hvor mangemøte- og utforkjøringsulykker med drepte eller hardt skadde som skjer per passering av henholdsvis rettstrekninger og de forskjellige kurveradieintervallene.

Horisontalkurveradius	Trafikkesponering (Σ ÅDT i alle punkter)
Rettstrekning	296 312 705
1000-1750	85 274 721
500-1000	108 339 943
250-500	60 672 123
150-250	12 006 759
0-150	3 005 879
Totalt	565 612 130

Tabell V5: Trafikkesponeringstall per døgn, Σ ÅDT i alle punkter

Horisontalkurveradius	Trafikkesponering per år (Σ ÅDT i alle punkter*365)
Rettstrekning	108 154 137 325
1000-1750	31 125 273 165
500-1000	39 544 079 195
250-500	22 145 324 895
150-250	4 382 467 035
0-150	1 097 145 835
Totalt	206 448 427 450

Tabell V6: Trafikkesponeringstall per år, Σ ÅDT i alle punkter *365

Horisontalkurveradius	Gj.snittlig antall ulykker med D/HS per år
Rettstrekning	69/5=13,8
1000-1750	21/5=4,2
500-1000	35/5=7
250-500	26/5=5,2
150-250	8/5=1,6
0-150	7/5=1,4

Tabell V7: Antall møte og utforkjøringsulykker med drepte eller hardt skadde per år

Verdiene i tabellene over gir muligheten til å beregne antall møte- og utforkjøringsulykker med drepte eller hardt skadde per passering per kurveradieintervall eller rettstrekning. For å ikke få så små tall ganger jeg med 1 000 000 slik at tallene gjelder per million passering.

$$\text{Rettstrekning: } (13,8 / 108\,154\,137\,325) * 1\,000\,000 = 0,000128$$

$$\text{Horisontalkurveradius 1000–1750: } (4,2 / 31\,125\,273\,165) * 1\,000\,000 = 0,000135$$

$$\text{Horisontalkurveradius 500–1000: } (7 / 39\,544\,079\,195) * 1\,000\,000 = 0,000177$$

$$\text{Horisontalkurveradius 250–500: } (5,2 / 22\,145\,324\,895) * 1\,000\,000 = 0,000235$$

$$\text{Horisontalkurveradius 150–250: } (1,6 / 4\,382\,467\,035) * 1\,000\,000 = 0,000365$$

$$\text{Horisontalkurveradius 0–150: } (1,4 / 1\,097\,145\,835) * 1\,000\,000 = 0,001276$$

Disse tallene er bakgrunn for figur 19 I kapitel 5.8.