



**SINTEF Teknologi og samfunn**  
Transportforskning

Postadresse: 7465 Trondheim  
Besøksadresse: S P Andersens veg 5  
7031 Trondheim  
Telefon: 73 59 03 00  
Telefaks: 73 59 46 56

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

# NOTAT

GJELDER

**Linjeføringens betydning for fartsvalg og ulykkes- og skaderisiko på vegstrekninger – Litteraturstudium og bearbeiding av datamateriale fra tidligere undersøkelser**

BEHANDLING

UTTALELSE

ORIENTERING

ETTER AVTALE

GÅR TIL

Randi Eggen

X

## Foreløpig

ARKIVKODE

GRADERING

Åpen

ELEKTRONISK ARKIVKODE

Notat\_linjeføring\_KSA.doc

PROSJEKTNR.

DATO

SAKSBEARBEIDER/FORFATTER

ANTALL SIDER

50348600

2009-09-03

Kristian Sakshaug og Odd Hjelkrem

30

<b>1</b>	<b>Bakgrunn</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Gjennomføring av litteratursøket</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Resultater</b>	<b>3</b>
3.1	Horisontalkurvatur - enkeltkurver	3
3.1.1	Fartsvalg	3
3.1.2	Ulykkes- og skaderisiko	9
3.1.3	Oppsummering	14
3.2	Fartsmodeller for strekninger med hovedvekt på horisontalkurvatures innvirkning ...	15
3.3	Ulykkesmodeller for strekninger med hovedvekt på horisontalkurvatures innvirkning	17
3.3.1	Ulykkesfrekvens som funksjon av dimensjonerende hastighet – reanalyse av norsk undersøkelse	17
3.3.2	Ulykkesmodeller for strekninger – Eksempler på andre modeller	24
3.4	Spesielt om standardsprang – ”Design Consistency”	25
<b>4</b>	<b>Stiv eller myk linjeføring: Oppsummering og konklusjoner</b>	<b>28</b>
	<b>Litteraturliste</b>	<b>29</b>

## 1 Bakgrunn

På mange nybygde vegstrekninger utenom tettbygd strøk er det ikke uvanlig at gjennomsnittsfarten ligger i nærheten av fartsgrensen. Det betyr at ca halvparten av kjøretøyene overskrider denne. Det er i seg selv et problem at en veg planlegges ut fra en bestemt fartsgrense som i etterhånd opp mot halvparten av førerne bryter. Det grunnleggende spørsmål er imidlertid hvilken ulykkesrisiko og skadekostnad pr kjtkm som blir resultatet av samvirket mellom førernes fartsvalg og kurvaturen. Og hvordan og i hvilken grad kan vi gjennom valg av linjeføring påvirke fartsvalg og risiko/skadekostnad?

Målsettingen med prosjektet har vært å finne fram til eksisterende kunnskap om hvordan valg av linjeføring, og spesielt horisontalkurvatur, påvirker førernes fartsvalg og ulykkesrisiko og skadekostnad pr kjtkm på strekningen.

Vegens linjeføring er et begrep som omfatter horisontal- og vertikalkurvatur, slyng, tverrfall og tverrprofil. Håndbok 265 "Linjeføringsteori" (Statens Vegvesen 2008b) beskriver i detalj de forskjellige elementene i vegens linjeføring, og Håndbok 17 "Veg- og gateutforming" (Statens Vegvesen 2008a) beskriver krav til linjeføring på veger og gater.

## 2 Gjennomføring av litteratursøket

Prosjektet var primært planlagt gjennomført som et litteraturstudium. Dette er blitt utført et generelt søk på Internet, et søk på hjemmesidene til ulike lands vegforvaltninger og forskningsinstitusjoner, samt søk i databasene ved biblioteket ved NTNU.

Følgende søkeord ble brukt i søket:

- "Road alignment" + "speed"
- "Road alignment" + "safety"
- "Road alignment" + "accident"

For to av referansene (Sakshaug 2000a og Sakshaug 2000b) har datamaterialet vært tilgjengelig. Det har derfor vært mulig å foreta supplerende analyser spesielt rettet mot formålet med dette prosjektet.

### 3 Resultater

#### 3.1 Horisontalkurvatur - enkeltkurver

##### 3.1.1 Fartvalg

I forbindelse med etablering av en fartsmodell for strekninger ble det i 1993 gjennomført fartsmålinger i kurver (Sakshaug 1994a). Alle kurvene hadde fartsgrense 80 km/t, og de var så lange/hadde så stor vinkelendring at hastighet og radius var tilnærmet konstant i kurvens midtpart. Det ble målt midt i kurven, og bare i en retning, varierende mellom inner- og ytterkurve. For de fleste kurvene var det imidlertid liten forskjell på radiusen i inner/ytterkurve. Senterlinjens radius ble derfor benyttet i analysene. Tilstøtende vegstrekning måtte være slik at inngangsfarten til kurven var vesentlig større enn likevektsfarten midt i kurven.

Ved hjelp av ikke-linerære regresjonsanalyser ble funnet følgende sammenhenger mellom gjennomsnittsfart/85 %-fraktil og kurveradien:

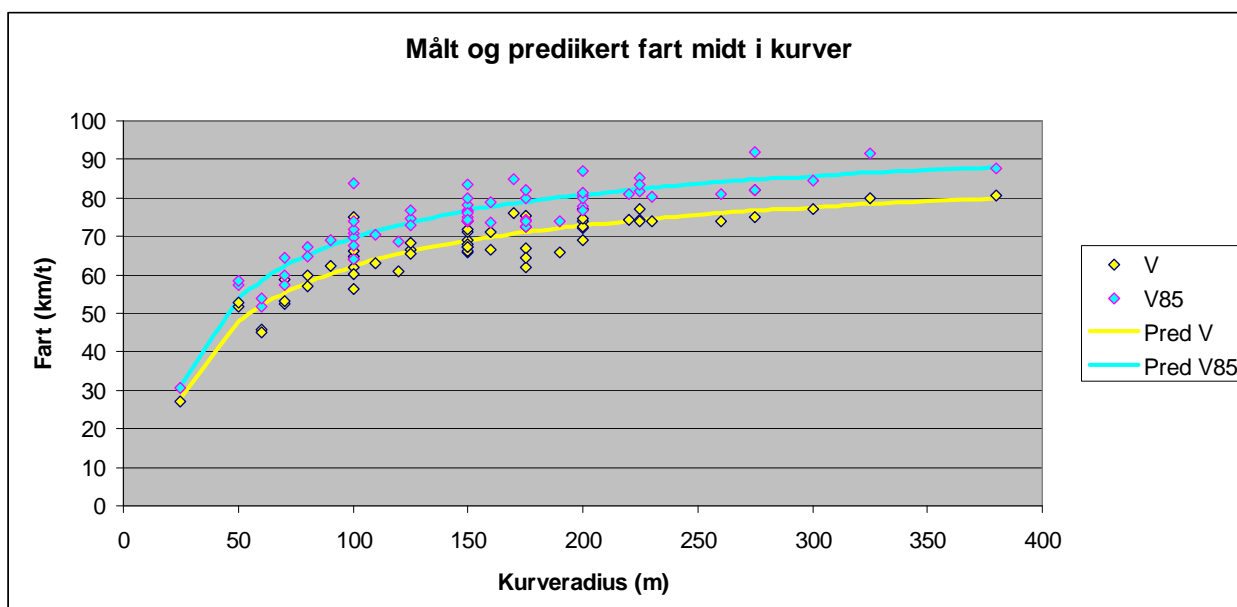
$$V = 100,4 - 324,4 \cdot R^{-0,465}$$

$$\text{Korrelasjonskoeffisient (R}^2\text{)} = 0,86$$

$$V_{85} = 107,0 - 393,6 \cdot R^{-0,512}$$

$$\text{Korrelasjonskoeffisient (R}^2\text{)} = 0,87$$

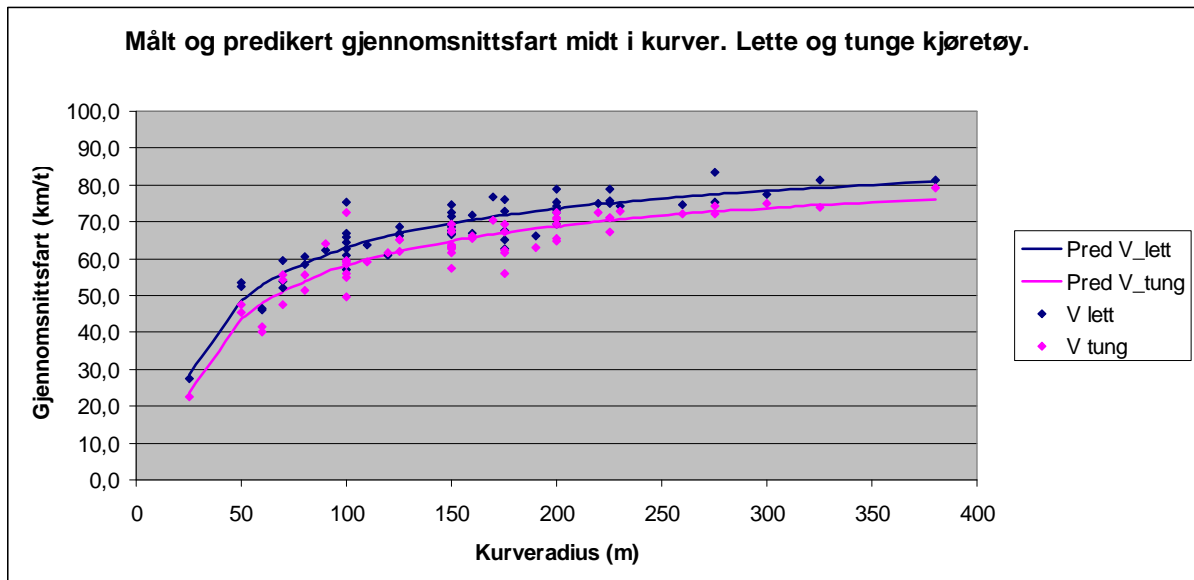
På Figur 1 nedenfor er målte og predikerte verdier for gjennomsnittsfart og 85 %-fraktilen plottet. Kurvene synes å flate ut når kurveradius nærmer seg 400 m. Dette indikerer at i kurver med denne radien er fartsnivået tilnærmet lik det på rettstrekninger (konferer også Figur 4 senere).



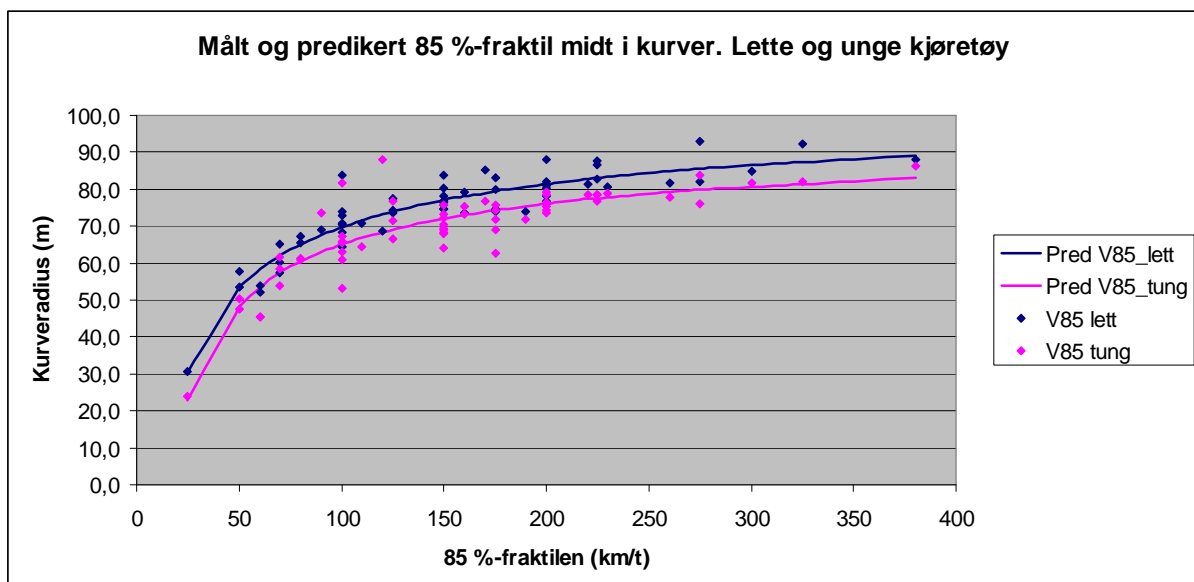
**Figur 1: Målt og predikert gjennomsnittsfart og 85 %-fraktil midt i kurver. Tunge og lette kjøretøy sett under ett.**

Som en ser av Figur 1 og angitt korrelasjonskoeffisient, har regresjonslinjene en meget god tilpasning til målte data. Dette selv om bare kurveradien (midt i kurven) er med som uavhengig variabel og for eksempel ikke fartsnivået ved inngangen til kurven.

Figur 2 nedenfor viser predikert og målt gjennomsnittsfart for lette og tunge kjøretøy separat. Figur 3 viser det samme for 85 %-fraktilen.



**Figur 2: Målt og predikert gjennomsnittsfart i kurver for lette og tunge kjøretøy separat**



**Figur 3: Målt og predikert 85 %-fraktil i kurver for lette og tunge kjøretøy separat.**

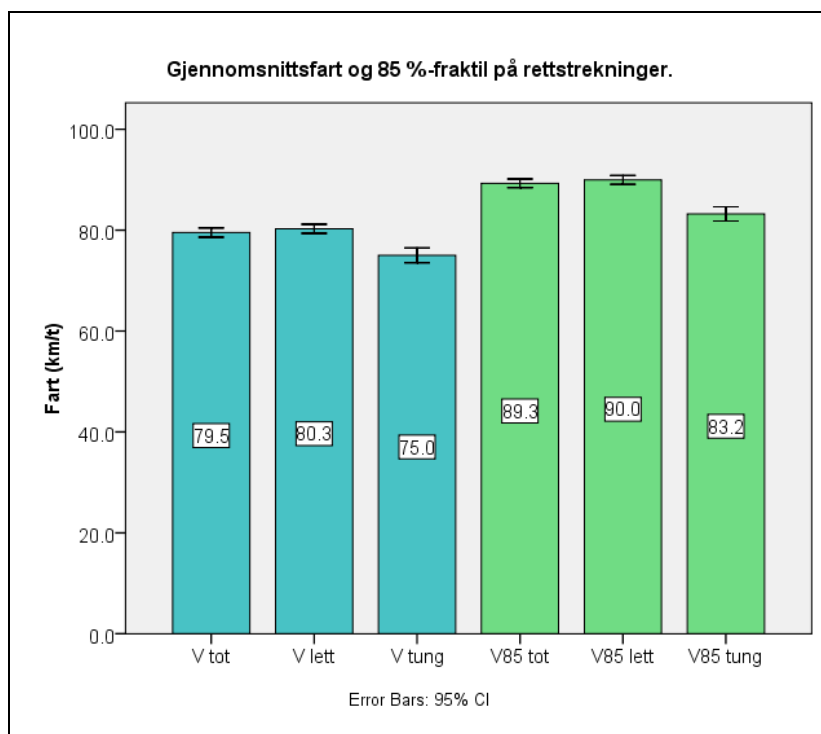
Regresjonsligningene for predikerte verdier på Figur 2 og Figur 3 er gitt ved:

$$V_{Lette} = 102,6 - 316,2 \cdot R^{-0,451} \quad (R^2 = 0,86)$$

$$V_{Tunge} = 98,05 - 317,1 \cdot R^{-0,450} \quad (R^2 = 0,84)$$

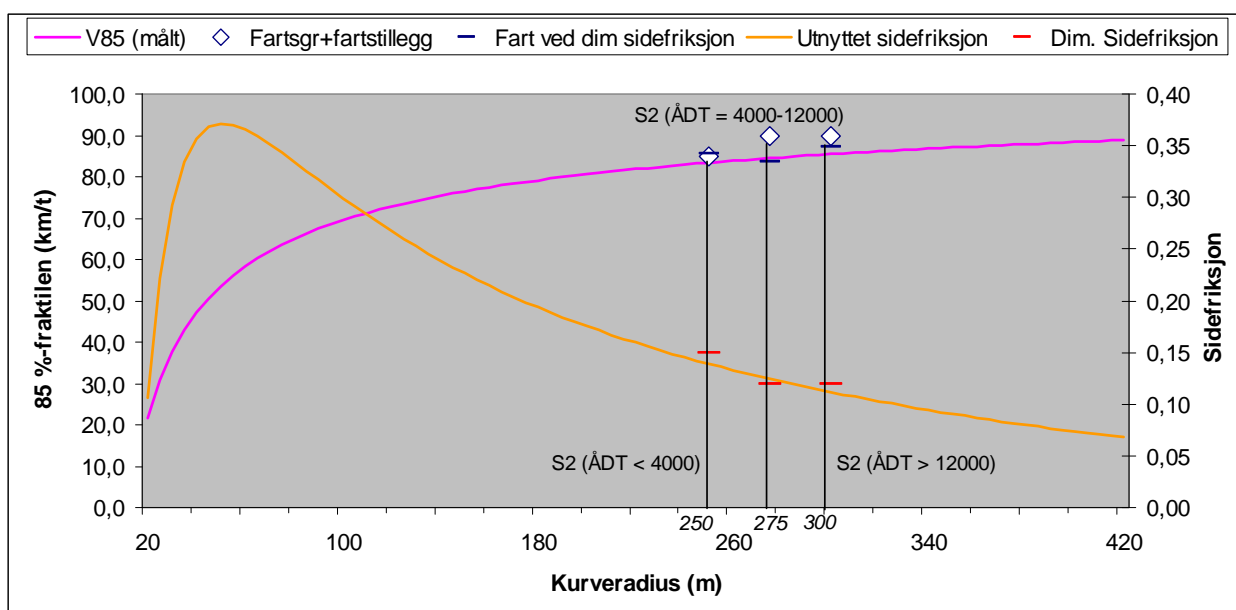
$$V85_{Lette} = 109,6 - 392,5 \cdot R^{-0,497} \quad (R^2 = 0,87)$$

$$V85_{Tunge} = 97,38 - 519,0 \cdot R^{-0,603} \quad (R^2 = 0,79)$$



**Figur 4: Målt gjennomsnittsfart og 85 %-fraktil for lette og tunge kjøretøy på rettstrekning.**

Samtidig med fartsmålingen i en kurve, ble det gjennomført tilsvarende måling i et referansepunkt på flat, rett veg. Figur 4 ovenfor viser gjennomsnittsverdiene for de sistnevnte målingene. Verdiene samsvarer godt med fartsnivåene der kurvene flater ut (ved en radius på noe under 400 m) på Figur 1 til Figur 3. Dette viser at fartsnivået i kurver med radius rundt 400 m eller mer, er lik fartsnivået på rettstrekninger.



**Figur 5: Målt 85 %-fraktil og utnyttet sidefrisksjon i kurver**

På Figur 5 ovenfor er plottet målt 85 %-fraktil for alle kjøretøy (konferer også Figur 1) og tilsvarende utnyttet sidefrisksjon. Vi ser at utnyttet sidefrisksjon er størst i kurver med radius 50-60 m. På figuren er også plottet inn minimumsradius for alle stamvegklasser med fartsgrænse

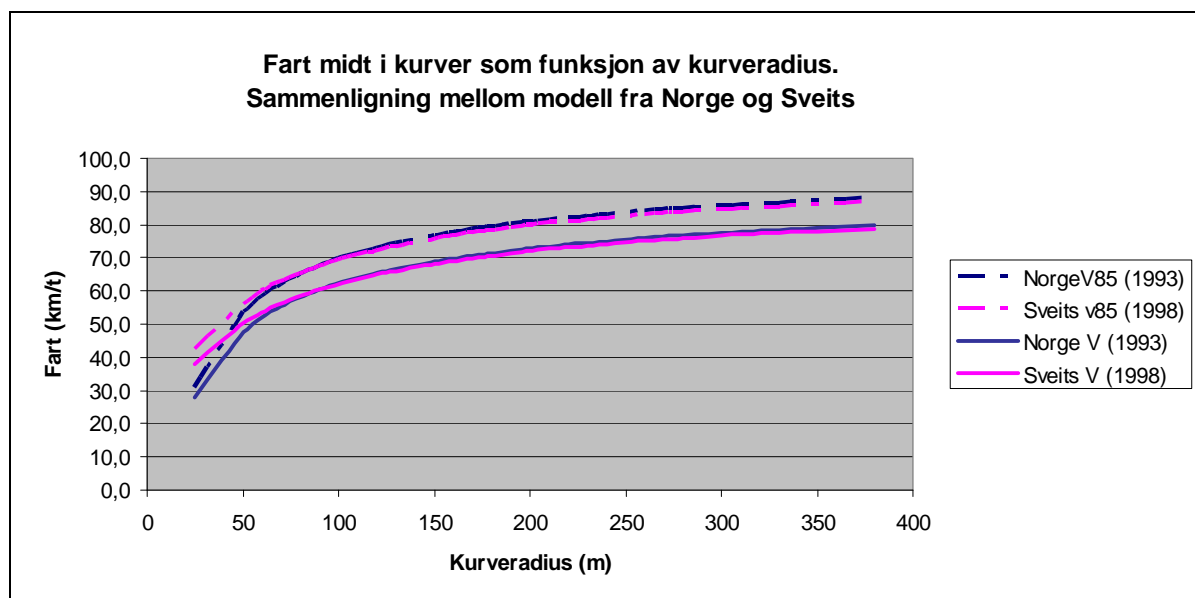
lik 80 km/t (S2, S4 og S7, Statens Vegvesen 2008a) med den dimensjonerende sidefriksjon og fart (fartsgrense + fartstillegg<sup>1</sup>) som ligger til grunn (Statens Vegvesen 2008b)<sup>2</sup>. Dimensjonerende sidefriksjon ligger for alle de nevnte stamvegklasser i nærheten av det som kan avledes fra målte verdier av 85 %-fraktilen. Dette impliserer at dersom en kjører med dimensjonerende sidefriksjon vil en ligge omtrent på registrert 85 %-fraktil. Egentlig er minimumsradiene beregnet på grunnlag av fartsgrense+fartstillegg (V), dimensjonerende sidefriksjon ( $f_k$ ) og maks overhøyde ( $e_{\max} = 8\%$ ) etter følgende formel:

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

Ved å sette inn verdiene for vegklassene S4 og S7, får vi en noe større verdi for  $R_{\min}$  enn det som er valgt som standard i Håndbok 017 (se Figur 5 og fotnote 2).

*Vi kan imidlertid konkludere med at den utnyttet sidefriksjon og fart som ligger til grunn for beregning av minimumsradier for vegklassene S2, S4 og S7, samsvarer godt med føreres virkelige fartsvalg i kurver (85 %-fraktilen).*

På Figur 6 nedenfor er de norske regresjonsmodellene for fart i kurver (alle kjøretøy under ett) sammenlignet med en tilsvarende sveitsisk modell (Spacek og Belopitov 1999). De sveitsiske modellene er spesielt interessant siden målingene den er kalibrert med er fortatt på strekninger med fartsgrense 80 km/t, og i kurver med radius helt ned til 18 m<sup>3</sup>.



**Figur 6: Sammenligning mellom Norsk og Sveitsisk regresjonsmodell for fart i kurver.**

<sup>1</sup> Tilsvarende det som tidligere ble benevnt dimensjonerende hastighet

<sup>2</sup> For S2 er:

Dimensjonerende 0,15, fartsgrense + fartstillegg = 80+5 = 85 km/t).

For S4 og S7 er:

Dimensjonerende 0,12, fartsgrense + fartstillegg = 80+10 = 90 km/t). Dette gir en minimumsradius på 319 m. I normalene er imidlertid angitt minimumsradier på 275 og 300 m for henholdsvis S4 og S7.

For alle nevnte vegklasser og viste radier er det forutsatt en overhøyde på 8 %, som er i henhold til normalene.

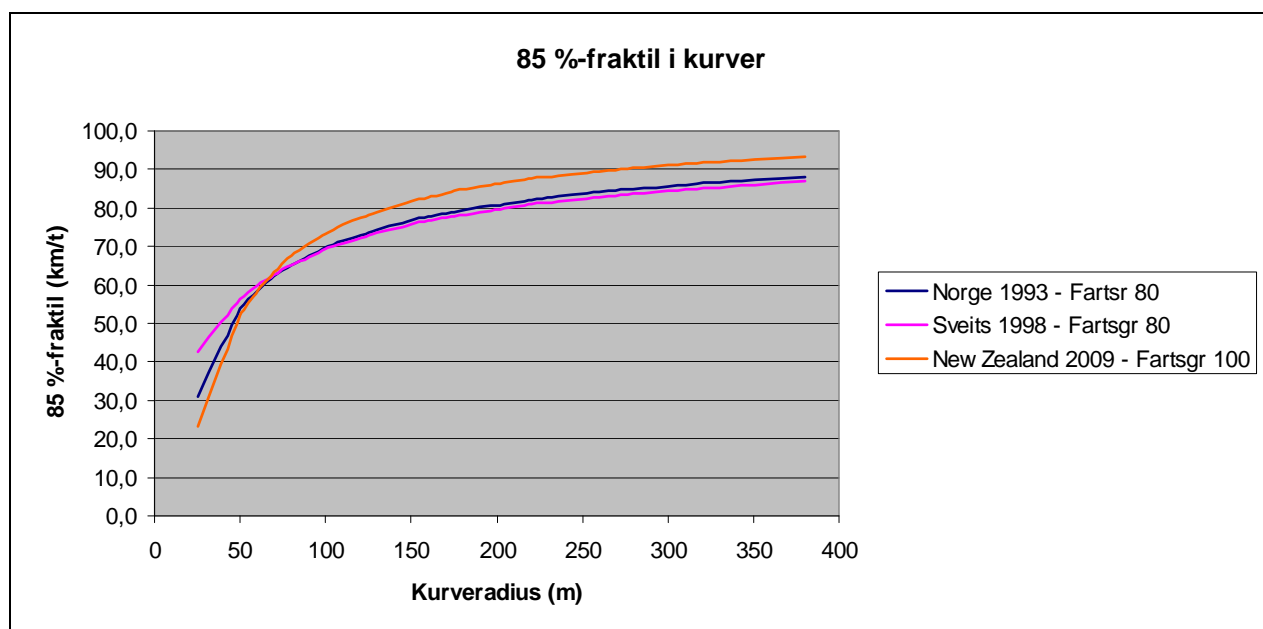
<sup>3</sup> De fleste andre lands modeller for fart i kurver har et gyldighetsområde fra R= 100 m og oppover.

Vi ser at de norske og sveitsiske modellene følger omtrent sammenfallende kurver både med hensyn på gjennomsnittsfart ( $V$ ) og 85 %-fraktilen ( $V_{85}$ ). Et lite unntak er for radier under 50 m hvor de sveitsiske modellene viser noe høyere fart.

En nylig utgitt rapport fra New Zealand (Turner og Tate 2009) ser på sammenhengen mellom horisontalgeometrien, observert fart, og ulykker. Regresjonsmodellen for 85 %-fraktilen gjennom en kurve er gitt ved:

$$V_{85_{\text{Kurve}}} = -17,665 + 1,066 \cdot e^{\left(4,7142 - \frac{26,736}{R}\right)} \quad (R^2 = 0,85)$$

Modellen er plottet på Figur 7 sammen med tilsvarende modeller fra Norge og Sveits (konferer Figur 6). Formen på kurven basert på data fra New Zealand, er ganske lik de fra Norge og Sveits, bortsett fra at farten ( $V_{85}$ ) er noe høyere i førstnevnte tilfelle. Dette beror på at generell fartsgrense utenfor tettbygd strøk er 100 km/t i New Zealand, mens 80 i Sveits og Norge.

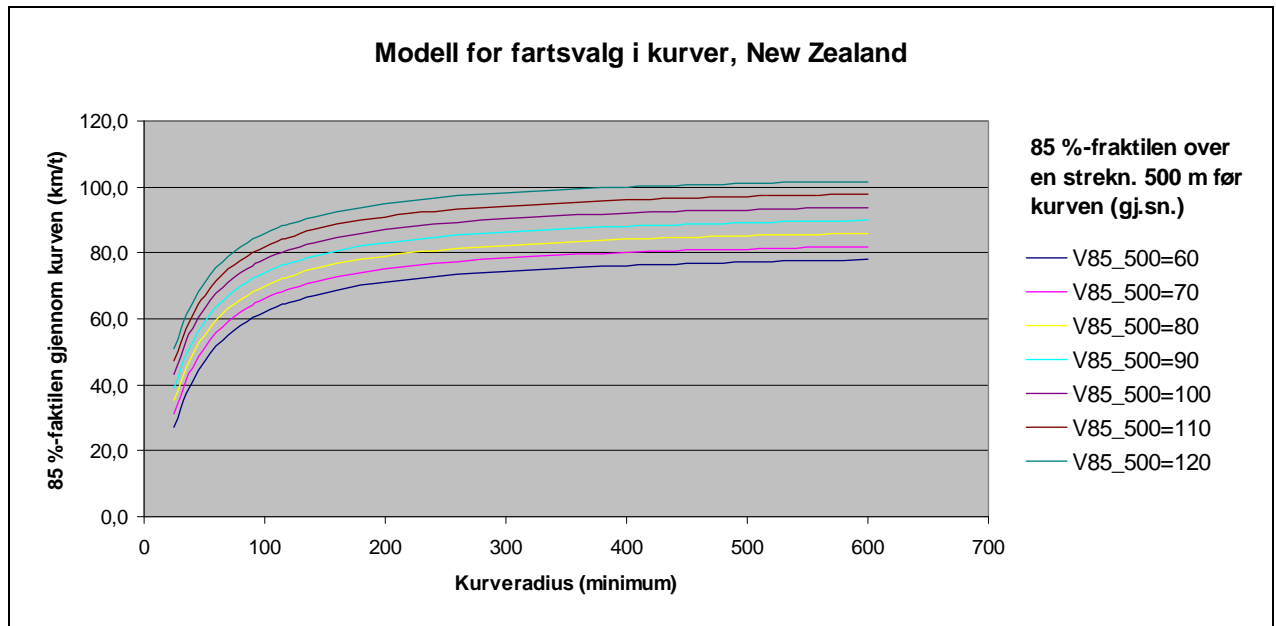


**Figur 7: Regresjonsmodeller for 85 %-fraktilen i kurver fra Norge, Sveits og New Zealand.**

Modellen fra New Zealand er videre utbygd ved å ta med en uavhengig variabel som angir 85 %-fraktilen for farten på en strekning lik 500 m forut for kurven ( $V_{85_{500}}$ ). Dette gir en noe høyere forklaringsgrad, se nedenfor.

$$V_{85_{\text{Kurve}}} = -17,665 + 1,066 \cdot e^{\left(4,7142 - \frac{26,736}{R}\right)} + 0,397 \cdot V_{85_{500}} \quad (R^2 = 0,90)$$

Den utvidete regresjonsmodellen er plottet på Figur 8 neste side for ulike verdier av  $V_{85_{500}}$ . Jo høyere fartsnivå på strekningen forut, jo høyere fartsnivå gjennom kurven.

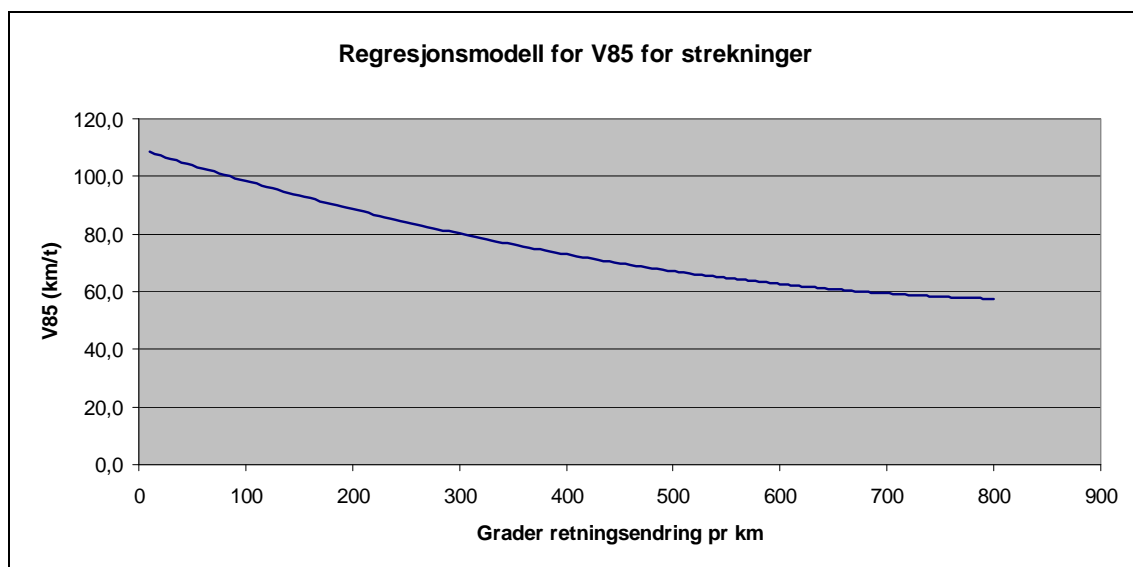


**Figur 8: Utbygd regresjonsmodell for 85 %-fraktilen i kurver, utviklet i New Zealand.**

Regresjonsmodellen for  $V_{85_{500}}$  er gitt ved:

$$V_{85_{500}} = 0,000066 * B_{500}^2 + 0,1179 * B_{500} + 109,565 \quad (R^2 = 0,86)$$

hvor B er sum retningsendring i antall grader pr km. På Figur 9 er 85 %-fraktilen plottet mot retningsendring pr km innenfor de grenseverdier som er angitt i rapporten.



**Figur 9: 85 %-fraktilen på en strekning som funksjon av sum retningsendring i antall grader pr km (Turner og Tate 2009)**

Samtlige modeller for fart gjennom kurver som er gjengitt ovenfor, ser ut til å ”flate ut” ved en kurveradius rundt 400 m. Dette innebærer at ved de fartsgrenser som gjelder i de enkelte tilfeller (80 eller 100 km/t) innebærer en slik radius ingen vesentlig fartsreduksjon i forhold til en rettstrekning.



### 3.1.2 Ulykkes- og skaderisiko

I en norske studie (Sakshaug 2000a) er det etablert en modell for ulykkesfrekvensen i en kurve. Datamaterialet består av ca 10000 kurver på riksvegnettet i 4 fylker. Analysene ga følgende regresjonsmodell for ulykkesfrekvensen (ulykker pr mill kjtkm) i en kurve, basert på politirapporterte møte- og utforkjøringsulykker (dvs kurverelaterte ulykker) med personskade:

$$U_f = 0,511 \times \text{TRAFARB}^{-0,279} \times e^{(-0,00214 \cdot R + 0,00567 \cdot \text{RETNENDR} - 1,26 \cdot \text{STDFAKT} + 0,0366 \cdot \text{OVERHØYDEAVVIK} + 0,214 \cdot \text{FARTSGR}_{8090})}$$

R: Minimumsradius gjennom kurven (m)

OVERHØYDEAVVIK: Avvik (i prosentpoeng) mellom målt overhøyde og krav til overhøyde i følge vedlikeholdsstandarden (håndbok 111) for den del av kurven som har minimumsradius'

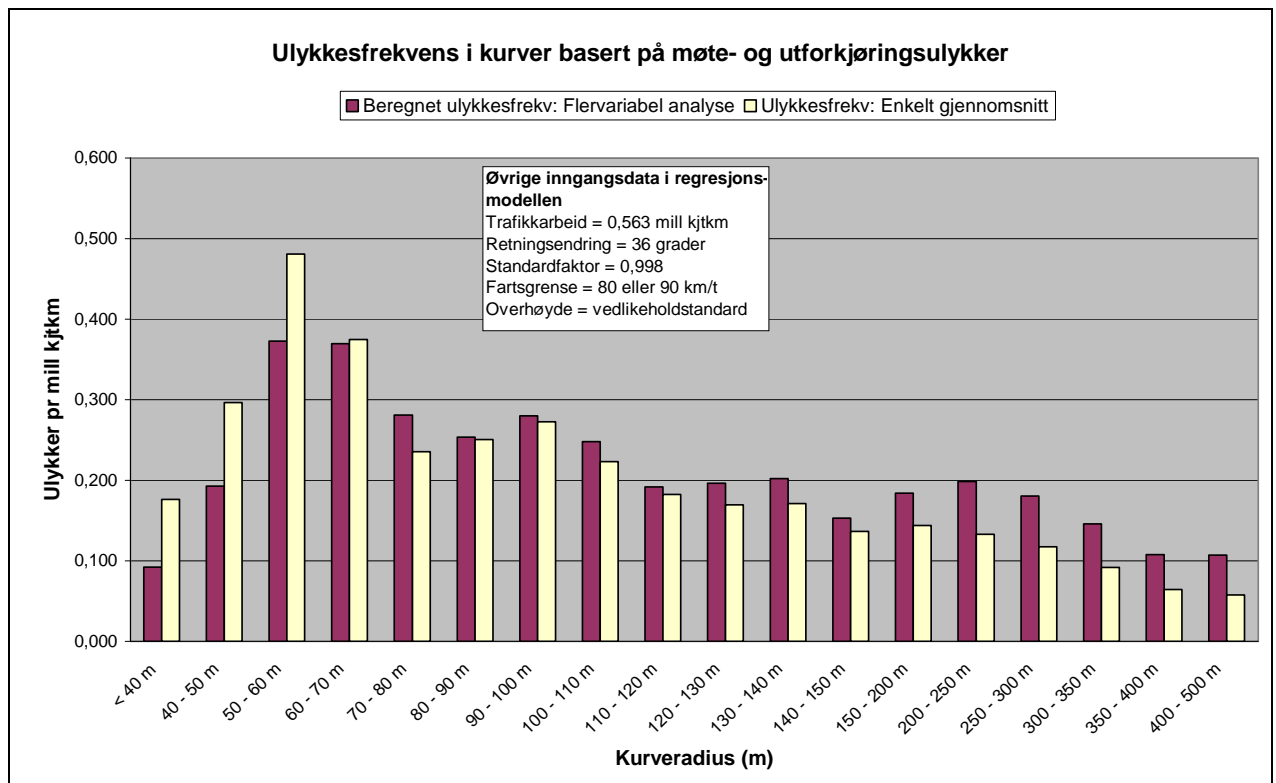
STDFAKT: Faktor for standardsprang (standardfaktor). Forholdet mellom beregnet gjennomsnittsfart i kurven og på tilstøtende vegstreknings (500 m på hver side av kurven)

FARTSGR: Fartsgrense (km/t)

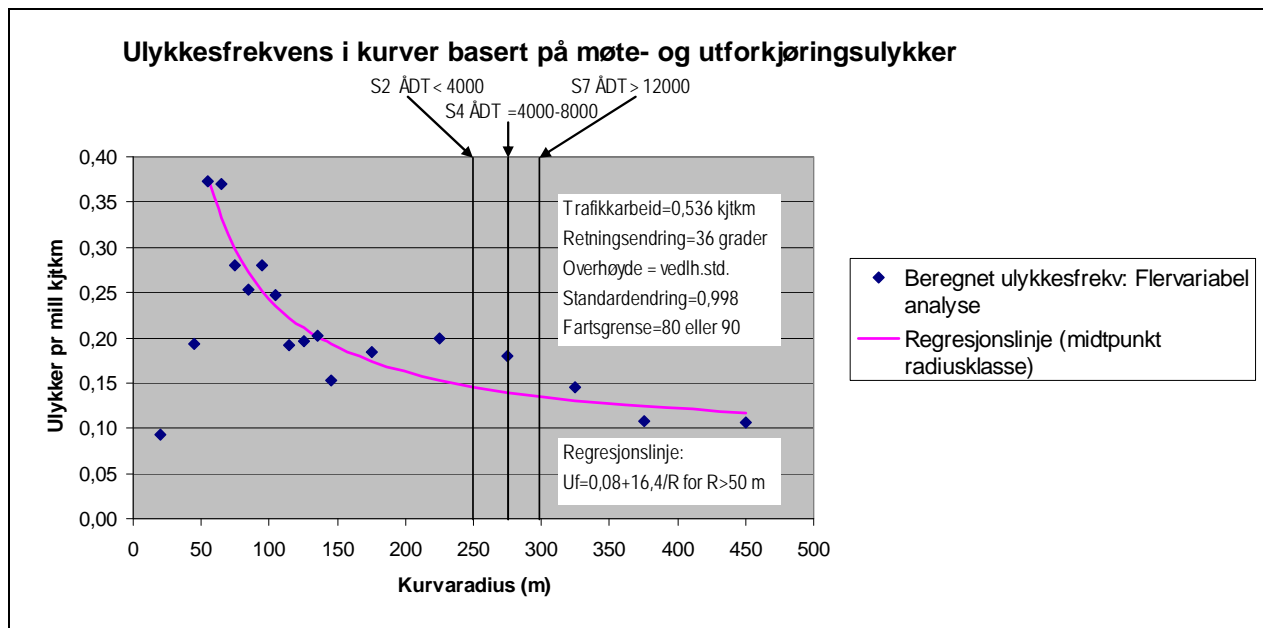
RETNENDR: Sum retningsendring gjennom kurven (grader)

TRAFARB: Trafikkarbeidet i kurven (mill kjtkm)

På Figur 10 nedenfor er angitt ulykkesfrekvensen som funksjon av kurveradius i henhold til regresjonsmodellen (mørke stolper). Til sammenligning er også angitt tilsvarende verdier beregnet ut fra et enkelt gjennomsnitt for grupperte kurveradier. De to analysemetodene gir et ganske likt bilde.



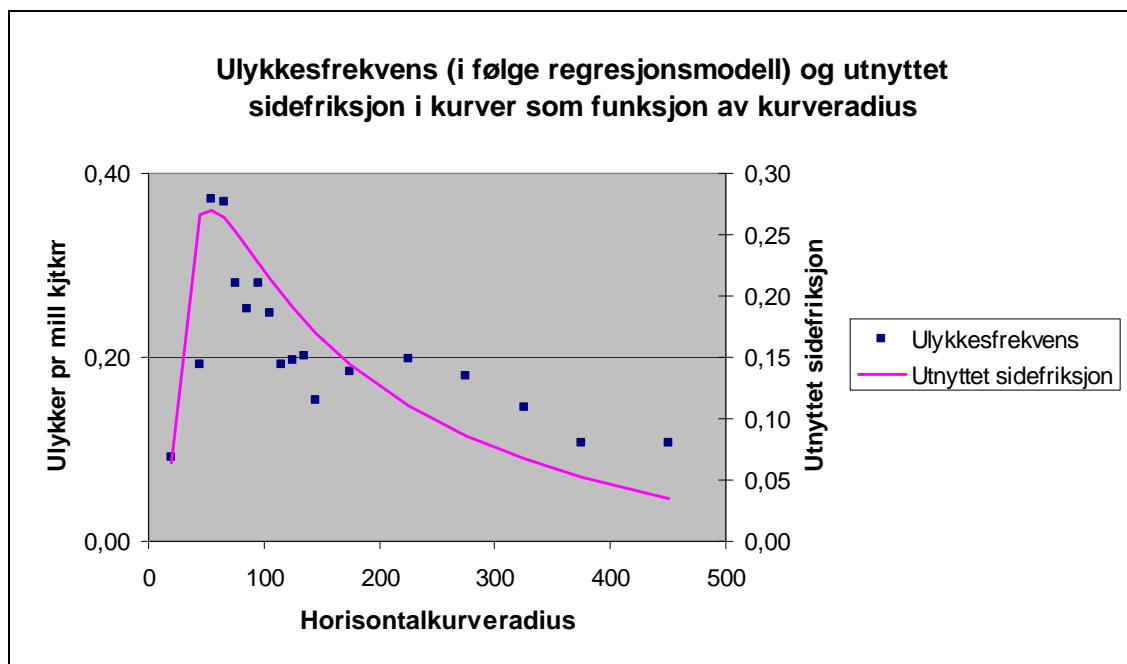
**Figur 10: Ulykkesfrekvens basert på møte- og utforkjøringsulykker med personskade som en funksjon av kurveradius (minimumsradius i kurven)**



**Figur 11: Sammenheng mellom ulykkesfrekvens og minimum kurveradius. Regresjonslinje gjennom beregnede verdier av ulykkesfrekvens for ulike radiusklasser.**

Figur 11 viser beregnede verdier for ulykkesfrekvens i kurver, tilsvarende de på Figur 10. Gjennom disse punktene er det trukket en regresjonslinje. De 3 loddrette strekene markerer minimumsradius for henholdsvis stamvegklasse S2, S4 og S7. Alle 3 radiusverdiene ligger i området før ulykkesfrekvensen "flater ut" med økende radius. I følge regresjonslinja ligger ulykkesfrekvensen ved minimumsradius for S2 (250 m) 20% over den som tilsvarer radius lik 400 m. Tilsvarende tall for S4 (275 m) og S7 (300 m) er 15 og 11 %.

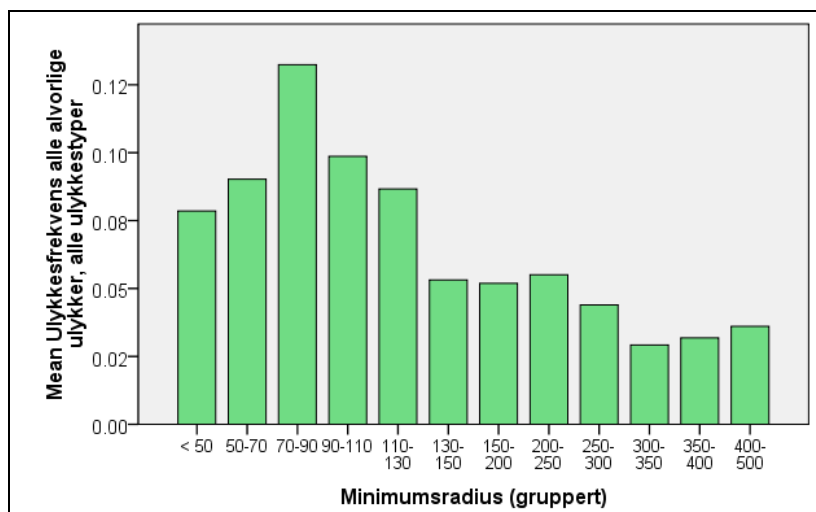
På Figur 12 neste side er plottet inn ulykkesfrekvensene i følge regresjonsmodellen (i likhet med på Figur 11) og utnyttet sidefriksjon i henhold modellen for gjennomsnittsfart i kurver på side 3.



**Figur 12: Ulykkesfrekvens og utnyttet sidefriksjon som funksjon av kurveradius.**

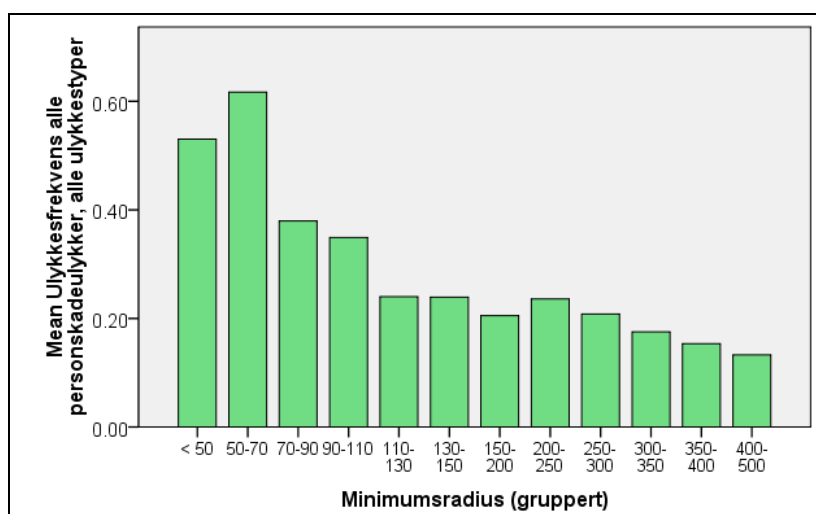
Figur 11 på foregående side viser at det er en nær sammenheng mellom ulykkesfrekvensen i en kurve og reell utnyttet sidefriksjon. Ulykkesfrekvensen er høyest for de radier der førerne kjører med størst sidefriksjon, det vil si i området ca 50-70 m. Dette er i samsvar med hva en skulle forvente, og styrker dermed ulykkesmodellens troverdighet.

I datamaterialet er ikke alvorlige møte- og utforkjøringsulykker skilt ut. Tilsvarende figur som på forrige side kan derfor ikke etableres for nevnte type ulykker. Nedenfor er imidlertid vist gjennomsnittlig (enkelt gjennomsnitt) ulykkesfrekvens basert på alvorlige ulykker, alle ulykkestyper under ett (Figur 13). Bildet er i store trekk det samme som når ulykkesfrekvensen



**Figur 13: Ulykkesfrekvens basert på alvorlige ulykker, alle ulykkestyper sett under ett. Enkelt gjennomsnitt for ulike radiusklasser. Kurver i 80- og 90-soner.**

er basert på møte- og utforkjøringsulykker med personskade (Figur 10). Ulykkesfrekvensen med hensyn på alvorlige ulykker har imidlertid sin topp ved en radius i området 70-90 m, mens tilsvarende figur med gjennomsnittlig ulykkesfrekvens basert på alle politirapporterte personskadeulykker alle typer sett under ett (Figur 14 neste side) har sin topp ved radius 50-70 m. Dette kan skyldes at større fart ved radius 70-90 enn ved 50-70 m gir alvorligere ulykker når de først inntreffer.



**Figur 14: Ulykkesfrekvens basert alle personskadeulykker, alle ulykkestyper sett under ett. Enkelt gjennomsnitt for ulike radiusklasser. Kurver i 80- og 90-soner.**

I samme undersøkelse fra New Zealand som er referert under modeller for fartsvalg i kurver på side 7 og 8, har en også sett på sammenhengen mellom ulykkesrisikoen i en kurve og fartsvalg (Turner og Tate 2009). En fant da følgende sammenheng:

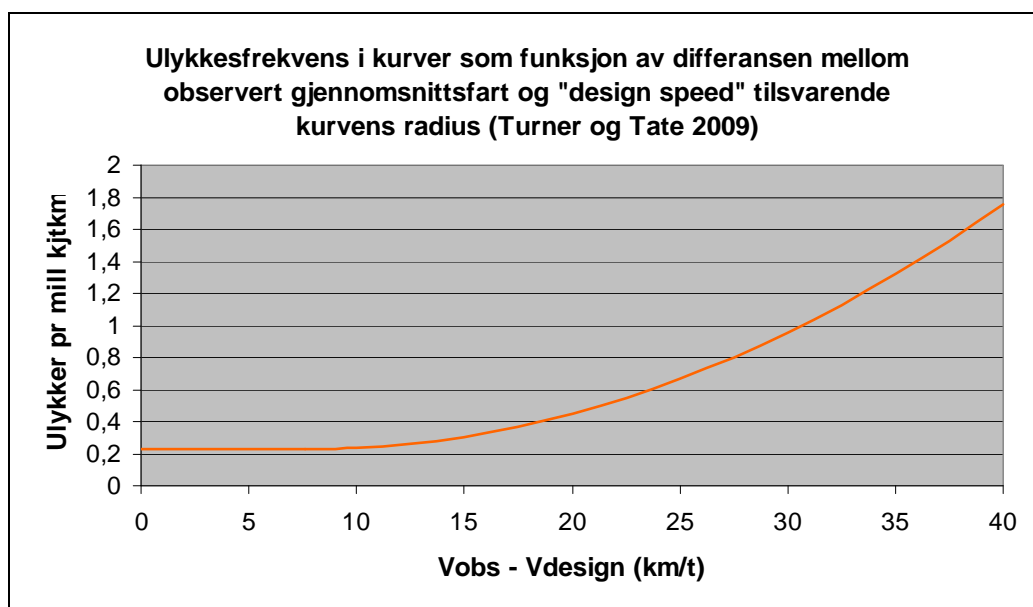
$$U_F = 0,1461 \cdot \Delta V^2 - 2,2205 \cdot \Delta V + 30,9842 \quad (R^2=0,96)$$

Her er

$U_f$ : Ulykker pr mill kjtkm

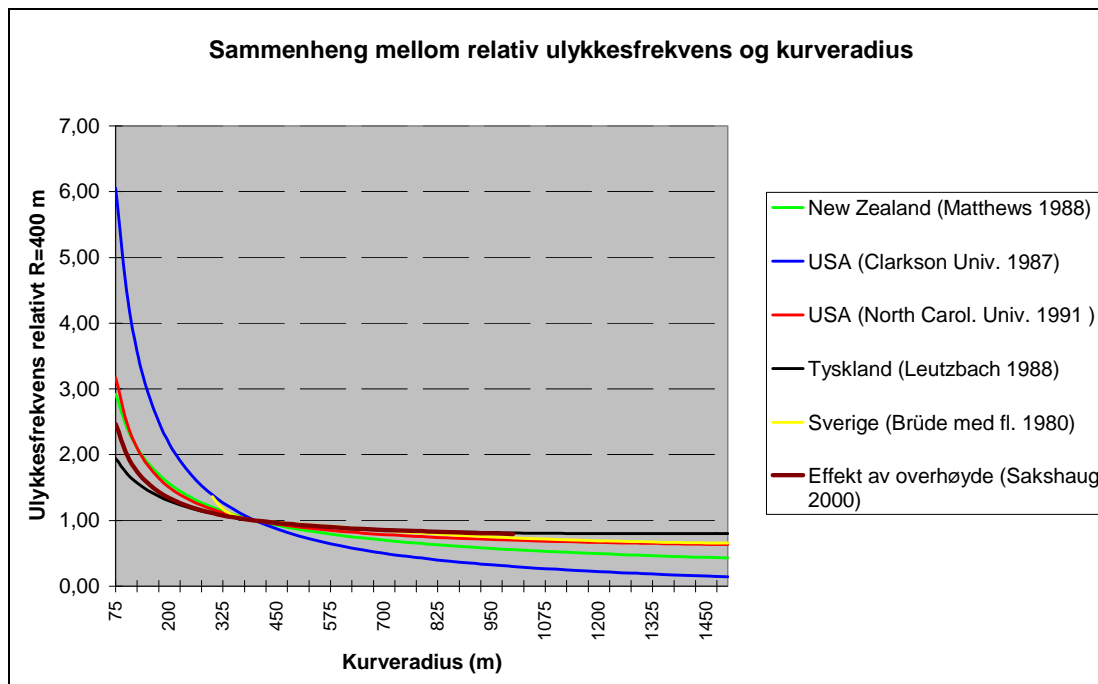
$\Delta V$ : Differansen mellom regresjonsmodellen for gjennomsnittsfart i en kurve og den "design speed" eller dimensjonerende fart som gir en minimumsradius lik den aktuelle kurvens radius. Sistnevnte fart er betraktet som et uttrykk for "sikker fart".

Modellen er plottet på Figur 15 nedenfor. Modellen ga en meget god tilpasning til observerte punkt for ulykkesfrekvens ( $R^2 = 0,96$ ).



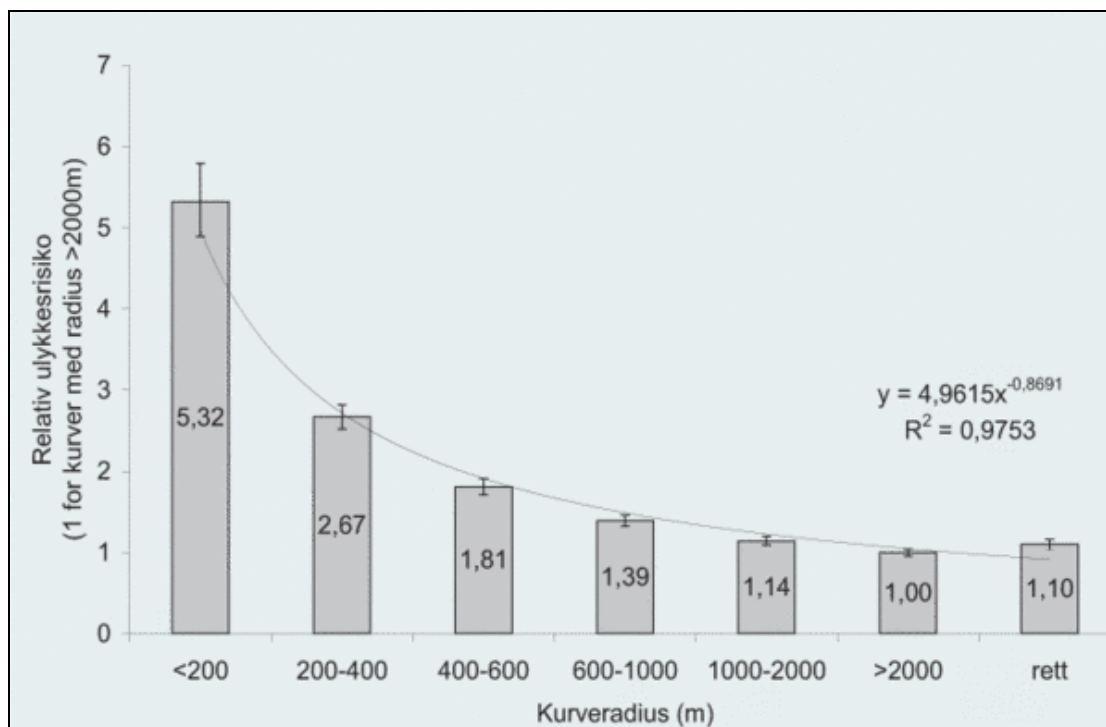
**Figur 15: Ulykkesfrekvens i kurver som funksjon av virkelig gjennomsnittsfart gjennom kurven og den "design speed" som gir en minimumsradius lik kurveradien.**

På Figur 16 neste side er sammenstilt en rekke modeller for ulykkesfrekvens i kurver som funksjon av kurveradius. Med ett unntak (Clarkson Univ.) er det ganske godt sammenfall mellom de ulike modellene.



**Figur 16: Modeller for ulykkesfrekvens i kurver som funksjon av kurveradius (Sakshaug 2000a)**

En lignende sammenstilling er gjort i Trafikksikkerhetshåndboken (Elvik, Erke m. fl. 2009), delvis på grunnlag av de samme undersøkelsene (Figur 17 nedenfor). *I følge denne har rettstrekninger høyere ulykkesfrekvens enn slake kurver med store radier.* Det fremgår ikke hvilken eller hvilke referanser som ligger til grunn for denne konklusjonen. På bakgrunn av dette sier forfatterne at: ”Det beste for trafikksikkerheten synes å være en veg med slake kurver, men med forbikjøringssikt.”



**Figur 17: Relativ ulykkesrisiko i kurver etter kurveradius (Elvik, Erke m. fl. 2009)**

### 3.1.3 Oppsummering

Det er et meget godt samsvar mellom ulike lands modeller for fartsvalg gjennom kurver (Sveits, New Zealand og Norge). Det samme gjelder ulykkesfrekvensen som funksjon av kurveradius (flere land).

En undersøkelse fra New Zealand viste at fartsvalget gjennom en kurve var avhengig av farten inn mot kurven. Modellens forklaringsgrad var likevel god uten at den siste variabelen var med. Det samme gjaldt også modellene fra Sveits og Norge.

*Resultater fra den norske undersøkelsen* viser at sammenhengen mellom ulykkesfrekvens og kurveradius er omtrent den samme hva enten ulykkesfrekvensen baserer seg på alle personskadeulykker eller bare alvorlige ulykker med drepte og hardt skadde. Det er en nær sammenheng mellom reell utnyttet sidefriksjon i kurver og ulykkesfrekvensen. Både utnyttet sidefriksjon og ulykkesfrekvensen er størst i når kurveradien er i området 50-70 meter. (De refererte utenlandske undersøkelsen går ikke lenger ned enn til en kurveradius på 75 m, og en får derfor ikke demonstrert denne effekten.)

Både den norske og utenlandske undersøkelser viser at både fartsnivå (gjennomsnittsfart, 85 %-fraktil) flater ut ved en kurveradius omkring 400 m. I kurver med større radius nærmer både fartsnivå og ulykkesfrekvens verdiene for rettstrekning.

I følge en sammenstilling av undersøkelser som er gjort i Trafikksikkerhetshåndboken er ulykkesrisikoen på rettstrekninger 10 % høyere enn i slake kurver med radius > 1000-2000 m.

### 3.2 Fartsmodeller for strekninger med hovedvekt på horisontalkurvatures innvirkning

Fartsmodellen i det norske konsekvensanalyseprogrammet EFFEKT (Sakshaug 1994b og Straume 2009) gir gjennomsnittsfarten på en strekning.

For *tofelts strekninger med fartsgrense 80 km/t* gjelder følgende modell for henholdsvis korte ( $V_K$ ) og lange kjøretøy ( $V_L$ )<sup>4</sup>:

$$V_K = 143,1 \cdot HKF + 80,4 \cdot SF_K + 1,75 \cdot B_d - 155,6$$

$$V_L = 138,8 \cdot HKF + 75,1 \cdot SF_L + 1,81 \cdot B_d - 151,6$$

hvor

- *HKF (horisontalkurvefaktor)* er en variabel som beskriver horisontalkurvaturen. Det er en korreksjonsfaktor som angir forholdet mellom gjennomsnittsfart i en kurve og på rettstrekning, med utgangspunkt i resultatene vist på Figur 1 side 3 og Figur 4 side 5. HKF er den samme for korte og for lange kjøretøy og beregnes ut fra formelen

$$HKF = 1,245 - 3,945 \cdot R^{-0,468} \quad HKF=1 \text{ for } R \geq 380 \text{ m}$$

- *SF (stigningsfaktor)* er en variabel som beskriver stigningsforholdene. Det er også en korreksjonsfaktor og denne angir forholdet mellom gjennomsnittsfart i stigninger og på flat veg. Den beregnes ut fra formlene (en for korte og en for lange kjøretøy):

$$SF_K = 1,086 - 0,029 \cdot S \quad \text{for } S > 3 \%, \quad SF_K = 1 \text{ når } S < 3 \% \text{ (også ved } S < 0 \%)$$

$$SF_L = 1,096 - 0,048 \cdot S \quad \text{for } S > 2 \%, \quad SF_L = 1 \text{ når } S < 2 \% \text{ (også ved } S < 0 \%)$$

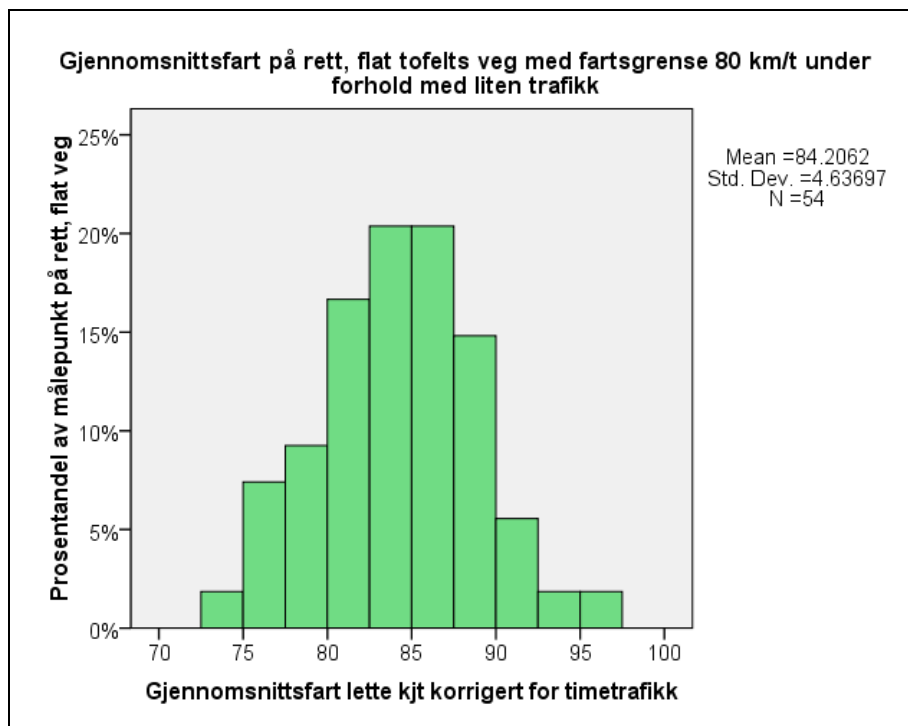
- *B<sub>d</sub> er dekkebredden.*

Ved beregning av gjennomsnittsfart på en strekning, deles denne opp i strekninger som er homogene med hensyn på fartsgrense og stigningsforhold. For hver homogen delstrekning settes inn et lengdevektet gjennomsnitt både for både HKF, SF og B<sub>d</sub> i formlene for V<sub>L</sub> og V<sub>T</sub>. Det vil si at for eksempel HKF beregnes for hvert kurveelement. Deretter beregnes en gjennomsnittlig HKF for hele delstrekningen hvor HKF for hvert enkelt kurveelement vektet etter kurveelementets lengde. Til slutt beregnes gjennomsnittsfarten for den totale strekningen ved å ta et lengdevektet gjennomsnitt for alle delstrekningene som inngår.

Formlene for V<sub>K</sub> og V<sub>L</sub> ovenfor gjelder ved liten trafikk (såkalt basisfart). Modellverktøyet omfatter også korreksjon av gjennomsnittsfarten med hensyn på trafikkmengde, men dette er ikke vist her.

<sup>4</sup> Korte kjøretøy: < 5,6 m    Lange kjøretøy: ≥ 5,5 m

Ved rett flat veg er det bare dekkebredden som styrer  $V_K$  og  $V_L$  (konferer formlene ovenfor). Det viser seg imidlertid at de faktiske verdiene varierer mye mer enn dette skulle tilsi. Som eksempel på dette er punktmålinger (nivå 1-punkt med kontinuerlig måling) på rett og flat veg minst 1000 m før og 300 m etter punktet (Figur 18 nedenfor). Det er registrert gjennomsnittsfarter fra 73 til 96 km/t. Dette tyder på at fartsmodellen i *EFFEKT* ikke er egnet til å beregne gjennomsnittsfarten på en strekning med stiv linjeføring med store kurveradier og rettstrekninger..



**Figur 18: Målt gjennomsnittsfart på rett, flat tofelts veg med fartsgrense 80 km/t. Punktmålinger under forhold med liten trafikk.**

Lignende resultat som ovenfor viser en amerikansk undersøkelse (Fitzpatrick, Elefteriadou m. fl. 2000). En klarte her ikke å etablere en modell som forklarte 85 %-fraktilen på lange rettstrekninger (så lange at bilførere kunne komme opp i ”ønsket fart”) ut fra geometrien på foregående vegstrekning og rettstrekningens vegbredde. Det refereres også til en tidligere lignende undersøkelse som ga samme resultat. 85 %-fraktilen på rettstrekningene varierte her mellom 85 og 113 km/t. (Fartsgrensen var her sannsynligvis 88,5 km/t dvs. 55 mph.)

Mange utenlandske fartsmodeller er utarbeidet med det formål å se på ”design consistency” (standardbrudd). 85 %-fraktilen blir først beregnet for kurvene på strekningen, og deretter for mellomliggende rettstrekninger. En får dermed et fartsprofil som kan avsløre standardbrudd (Fitzpatrick, Elefteriadou m. fl. 2000, Lamm, Wolhuter m. fl. 2001), konferer kapittel 3.4.



### 3.3 Ulykkesmodeller for strekninger med hovedvekt på horisontalkurvaturens innvirkning

#### 3.3.1 Ulykkesfrekvens som funksjon av dimensjonerende hastighet – reanalyse av norsk undersøkelse

Datamaterialet fra prosjektet ”Sammenheng mellom ulykkesfrekvens, ulykkeskostnad og veggeometri utenfor tettbygd strøk” er anvendt (Sakshaug 2000b). Det inneholder geomtri-, trafikk- og ulykkesdata for 412 homogene strekninger (som igjen er inndelt i 2090 delstrekninger) på til sammen ca 1900 km. Alle strekningene er bygd etter en definert standard i henhold til vegnormalene, med åpningsår fra 1965 til 1993.

Ulykkesgrunnlaget er politirapporterte personskadeulykker for årene 1994-1998<sup>5</sup>. Vi begrenser analysene til strekningsulykker, her definert som møte- og utforkjøringsulykker samt velt i kjørebanelen. Vi antar at det er disse som i størst grad påvirkes av vegens linjeføring.

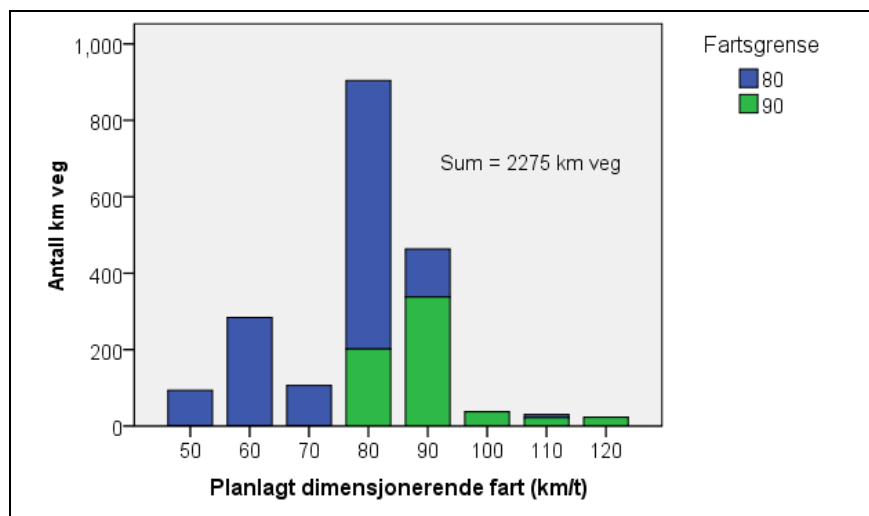
Dimensjonerende fart er et begrep som ikke eksisterer i den nye Håndbok 017. I stedet dimensjoneres de enkelte vegelementer ut fra fartsgrensen + et fartstillegg. Dette fartstillegget er fra 0 til 15 km/t., og øker med økende ÅDT og fartsgrense (Tabell 1).

**Tabell 1: Fartstillegg for ulike stamvegklasser i følge Statens Vegvesen 2008b**

Vegklasse	ÅDT	Fartsgrense	Fartstillegg	Fartsgrense + fartstillegg (tidl. dimensjonerende fart)
S1 og S6	Alle	60	5	65
S2	0-4000	80	5	85
S4 og S7	> 4000	80	10	90
S3 og S5	0-12000	90	10	100
S8 og S9	> 12000	100	15	115

<sup>5</sup> I Sakshaug, Engen m. fl. 2007, hvor de samme strekningene inngår, er ulykkesdataene oppdatert til å være fra 1997-2003. I 2001 ble det foretatt endringer av fartsgrensen fra 80 til 70 og fra 90 til 80 på mange strekninger. Siden fartsgrense er en viktig variabel i analysene i dette notatet, har vi valgt å beholde de opprinnelige ulykkesdataene fra 1994-98.

Hvilken dimensjonerende fart de enkelte vegstrekninger er planlagt etter, er angitt for 2275 km veg. Figur 19 viser hvordan antall km veg fordeler seg på dimensjonerende fart og fartsgrense.

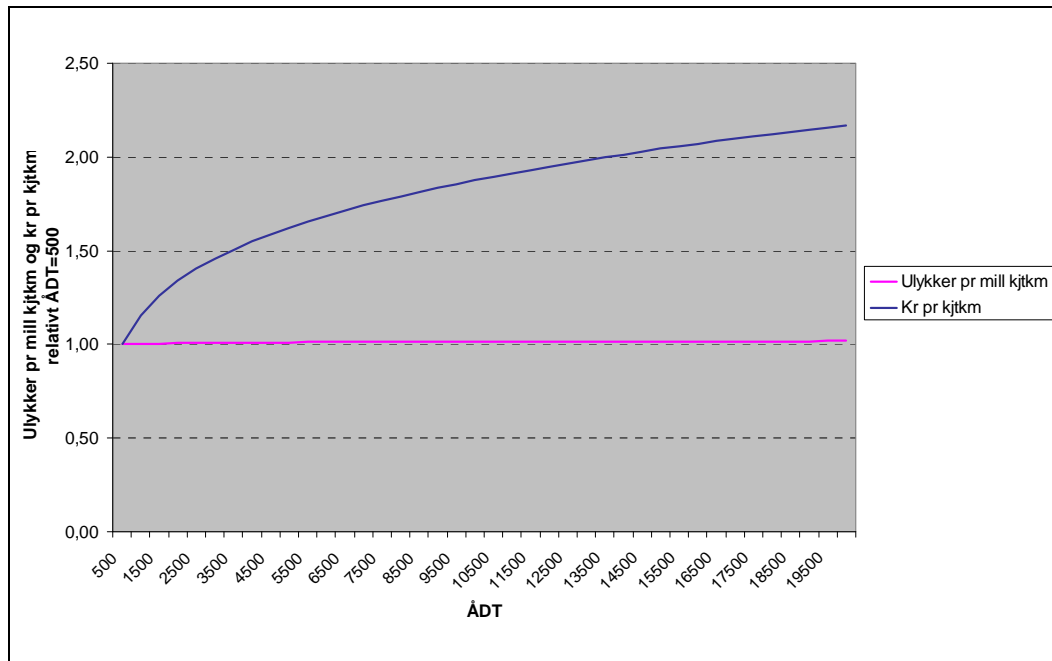


**Figur 19: Antall km veg fordelt på planlagt dimensjonerende fart og fartsgrense.**

I den opprinnelige rapporten var skadekostnad pr kjtkm anvendt som et uttrykk for skadenes alvorlighetsgrad. Denne ble beregnet ut fra reelt antall skadde i hver kategori på aktuelle strekning. Imidlertid er det forholdsvis få ulykker statistisk sett på strekninger med dimensjonerende fart på 100 km/t og over. Det kan da betydelige tilfeldige utslag ut fra hvor mange som er drept eller hardt skadd i en enkelt ulykke. Vi har derfor nå valgt å anvende ulykkesfrekvensen (ulykker pr mill kjtkm) basert på ulykker med drepte og hardt skadde som et uttrykk for skadenes alvorlighetsgrad. Et annet forhold er at ved økende trafikk vil en oftere få møteulykker i stedet for utforkjøringsulykker. Dette fører til at

- A. Det blir en større andel alvorlige ulykker siden møteulykker oftere vil medføre drepte og hardt skadde (bli en alvorlig ulykke).
- B. De alvorlige ulykkene blir alvorligere (ha høyere skadekostnad) siden en alvorlig møteulykke ofte vil ha *flere* drepte og hardt skadde enn en alvorlig utforkjøringsulykke.

Skadekostnaden pr kjtkm øker derfor med økende trafikkmengde, (se Figur 20 neste side hentet fra Sakshaug 2000b). Dette er forhold som egentlig ikke har med vegens linjeføring å gjøre, men med trafikkmengden. Ved å benytte ulykkesfrekvensen basert på alvorlige ulykker og ikke skadekostnad pr kjtkm, vil vi ta hensyn til punkt B ovenfor, men ikke punkt A.



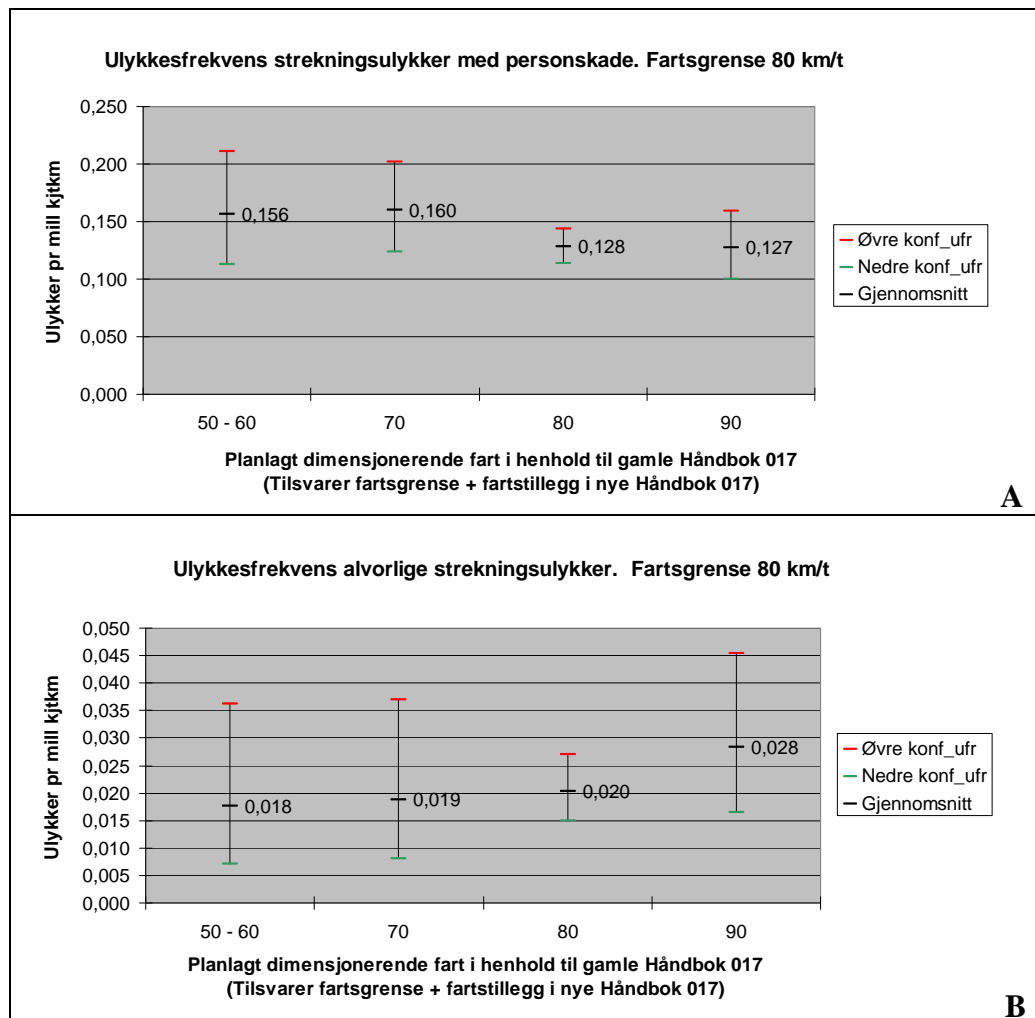
**Figur 20: Ulykkesfrekvens (basert på politirapporterte personskadeulykker) og ulykkeskostnad som funksjon av ÅDT (Sakshaug 2000b)**

Figur 21 og Figur 23 nedenfor viser gjennomsnittlig ulykkesfrekvens som funksjon av den dimensjonerende fart vegen er planlagt etter for henholdsvis 80- og 90-strekninger. I den opprinnelige rapporten (Sakshaug 2000b) var det beregnet en dimensjonerende fart ut fra minste forekommende kurveradius når denne ikke var oppgitt på de data vi fikk fra vegkontorene. I analysene i dette notatet inngår bare strekninger hvor det forelå opplysninger om dimensjonerende fart.

Gjennomsnittsverdiene som er vist på Figur 21 og Figur 23 nedenfor er enkle gjennomsnitt som ikke tar hensyn til innvirkningen av andre variable. Vi har også gjennomført flervariable analyser ("General Linear Modeling" med negativ binomial-fordelt avhengig variabel (=antall ulykker)). Disse ga imidlertid grunnlag for andre konklusjoner enn de enkle gjennomsnittsbetraktningene, og er derfor ikke gjengitt her.

Det som er utfordringen med et datamateriale som dette, er at de fleste variable for vegstandard samvarierer med dimensjonerende fart. Ved økende dimensjonerende fart øker vegbredden (både kjørebane- og skulderbredde, minimum horisontalkurveradius osv). Det er åpenbart at linjeføringen blir "stivere" jo høyere dimensjonerende fart en veg er planlagt etter, men samtidig er ÅDT større og vegen som regel bredere. Dette gjør det vanskelig å si hvilke av disse variablene som har størst innvirkning på ulykkesrisiko og alvorlighetsgrad. Det gjelder også når en gjennomfører flervariable analyser.

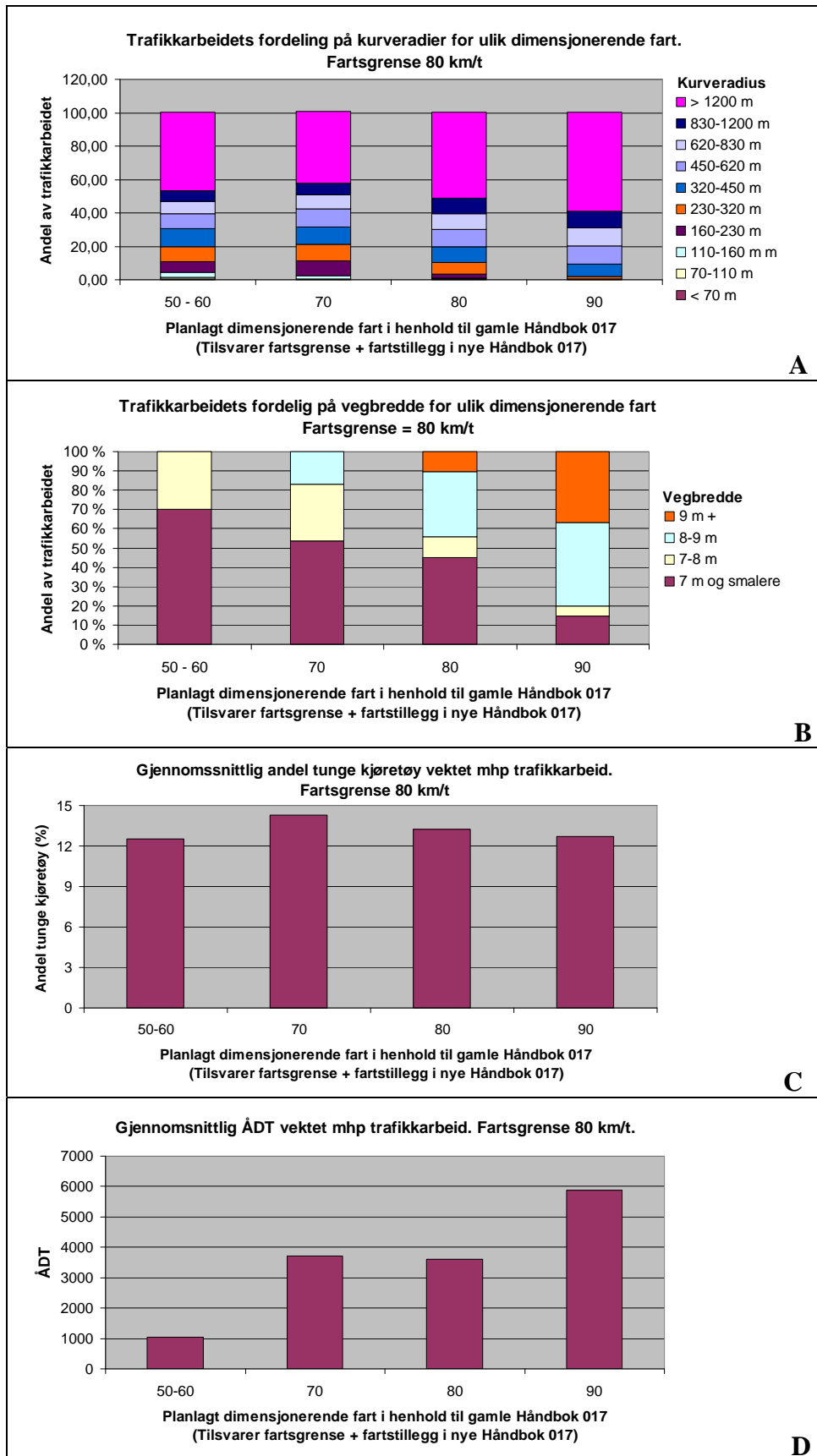
For om mulig å kunne gi en indikasjon på hvilke variable som forklarer eventuelle forskjeller når det gjelder ulykkesfrekvens, har vi sett på fordelingen av sentrale variable (horisontalkurvatur, vegbredde, ÅDT og andel tunge (lange) kjøretøy) for strekninger med ulik dimensjonerende fart (Figur 22 og Figur 24 nedenfor).



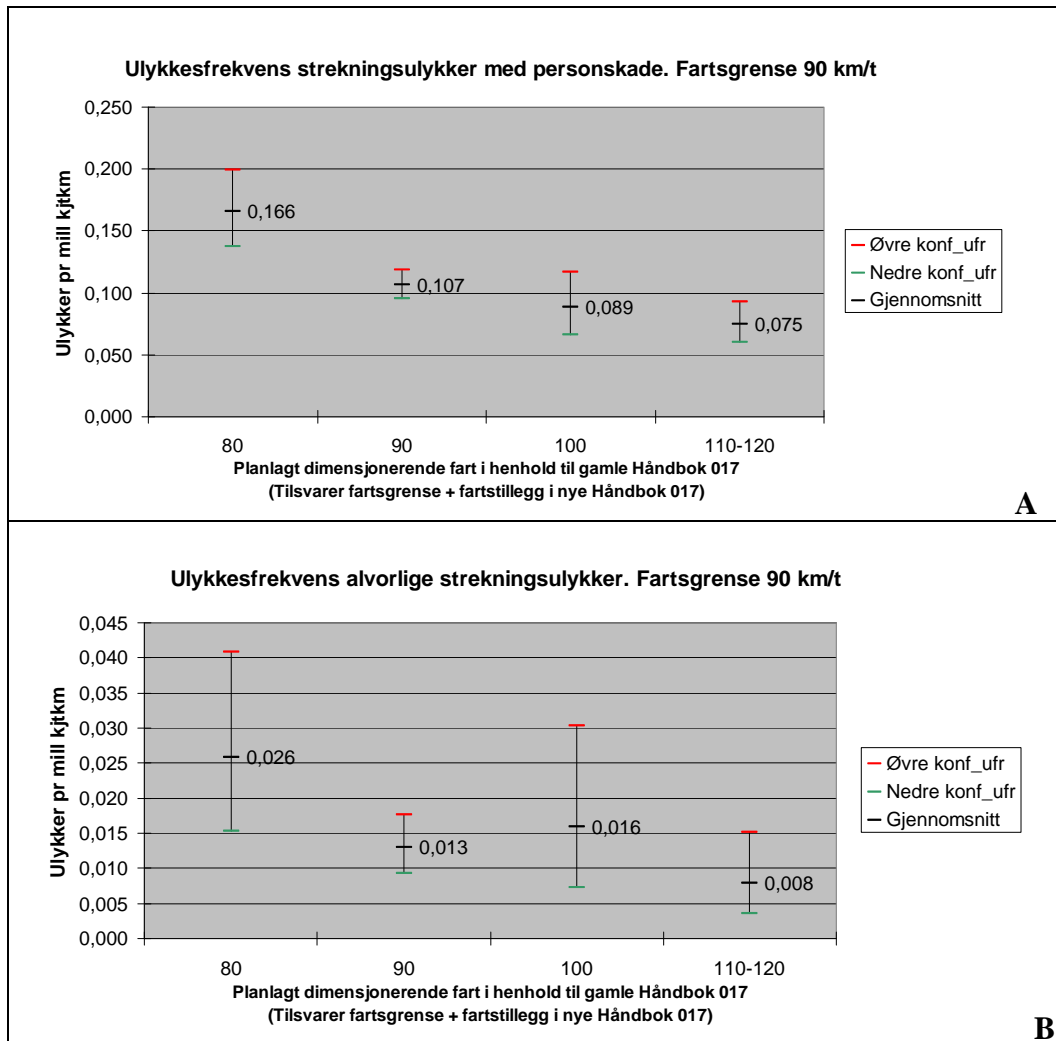
**Figur 21: Ulykkesfrekvens basert på henholdsvis alle strekningsulykker med personskade (A) og alvorlige strekningsulykker (B). Gruppering etter planlagt dimensjonerende fart. Strekninger med fartsgrense 80 km/t**

Figur 21A ovenfor viser at for 80-strekninger er det en tendens til at ulykkesfrekvensen basert på alle personskadeulykker er høyere når dimensjonerende fart er lavere enn fartsgrensen. Den motsatte tendensen er tilfelle når vi ser på ulykkesfrekvensen basert på alvorlige ulykker (delfigur B). Det kan skyldes at gjennomsnittlig ÅDT øker med økende dimensjonerende fart og derfor gir en større andel møteulykker (se Figur 22C neste side). En må imidlertid ta et forbehold om at ulykkesfrekvensen innen hver gruppe, bygger på forholdsvis få alvorlige ulykker, noe som gir store konfidensintervall og ingen signifikante forskjeller. Dimensjonerende fart ble her heller ikke med som en signifikant variabel i de flervariable analysene.

Når det gjelder andre forhold som kan ha betydning for ulykkesfrekvensen, er det en klar forskjell mellom strekninger med ulik dimensjonerende fart når det gjelder horisontalkurveradius (Figur 22A). Det vil være radier 230-320 m (oransje fargekode) og mindre som vil påvirke ulykkesrisikoen mest. Også når det gjelder vegbredde (Figur 22B) er som ventet bredden større jo høyere dimensjonerende fart. Når det gjelder andel lange kjøretøy, som vil påvirke forekomsten av alvorlige ulykker (Sakshaug 2000b), er det liten forskjell mellom strekninger med ulik dimensjonerende fart (Figur 22C).



**Figur 22: Gjennomsnittet/fordeling av ulike variable for ulike dimensjonerende fart. Strekninger med fartsgrense 80 km/t.**

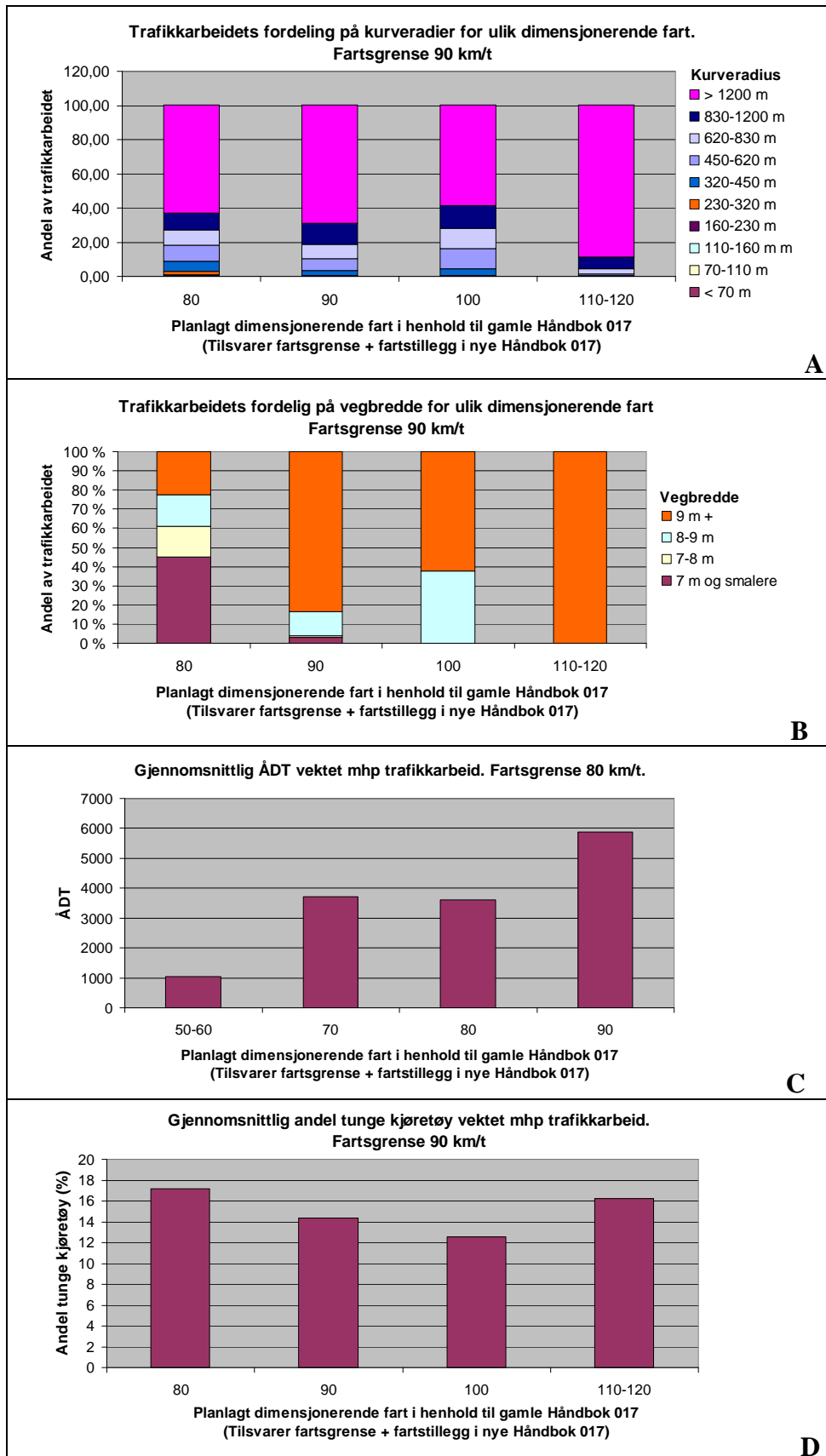


**Figur 23: Ulykkesfrekvens basert på henholdsvis alle strekningsulykker med personskade (A) og alvorlige strekningsulykker (B). Gruppering etter planlagt dimensjonerende fart. Strekninger med fartsgrense 90 km/t**

Figur 23 ovenfor viser ulykkesfrekvensen for strekninger med fartsgrense 90 km/t bygd etter ulike dimensjonerende fart. Ulykkesfrekvensen basert på alle personskadeulykker (A) og basert på alvorlige ulykker (B), viser det samme mønsteret: En høy verdi på strekninger med dimensjonerende fart mindre enn fartsgrensa, og deretter en noe svakere avtakende tendens med økende dimensjonerende fart.

Figur 24 neste side viser at det er forskjeller mellom ulike dimensjonerende fart når det gjelder horisontalradius (A). Radius under 320 m forefinnes imidlertid bare på strekninger planlagt etter  $V_{DIM}$  lik 80 km/t, og utgjør også her en liten andel av vegnettet. Derimot er det en markant forskjell mellom  $V_{DIM}$  lik 80 og de øvrige strekningene når det gjelder vegbredde (Figur 24B). Ca halvparten av trafikkarbeidet i førstnevnte gruppe skjer på veger smalere enn 7 meter, mens denne andelen er svært liten eller 0 i for de øvrige verdier av  $V_{DIM}$ . Dette kan indikere at det i større grad er vegbredden enn horisontalkurvaturen som gjør at ulykkesfrekvensen for dimensjonerende fart lik 80 er vesentlig høyere enn den er 90 km/t eller større.

I likhet med på strekninger med fartsgrense 80, øker gjennomsnittlig ÅDT med økende  $V_{DIM}$ . Til tross for at dette skulle gi flere alvorlige ulykker (møteulykker) avtar altså ulykkesfrekvensen basert på alvorlige ulykker med økende  $V_{DIM}$ . Andel tunge kjøretøy ikke er veldig forskjellig for de ulike  $V_{DIM}$ .



**Figur 24: Gjennomsnittet/fordeling av ulike variable for ulike dimensjonerende fart. Strekkinger med fartsgrense 90 km/t.**

Resultatet fra reanalysen av datamaterialet fra undersøkelsen foretatt i 2000 kan oppsummeres som følger:

- Ulykkesfrekvensen, enten den er basert på alle personskadeulykker eller ulykker med drepte og hardt skadde, avtar med økende dimensjonerende fart. Spesielt er det ugunstig med en dimensjonerende fart lavere enn fartsgrensa. Unntaket fra dette mønsteret er ulykkesfrekvensen basert på alvorlige ulykker i 80-soner, hvor tendensen er den motsatte. Ingen av forskjellene er imidlertid her signifikante.
- Avtakende ulykkesfrekvens med økende  $V_{DIM}$  kan skyldes økt vegbredde og bedre horisontalkurvturn, uten at det er mulig å skille dette fra hverandre.
- Konklusjonene fra reanalysen er i hovedsak på linje med de i hovedrapporten (Sakshaug 2000b), men ”rendyrker” i større grad innvirkningen av dimensjonerende fart.

### 3.3.2 Ulykkesmodeller for strekninger – Eksempler på andre modeller

Det er utviklet en ulykkesmodell for tofelts veger i USA (Vogt og Bared 1998). Tabell 2 nedenfor viser hvilke geometrivariabeler som hadde signifikant innvirkning på ulykkesrisikoen på en strekning, og i hvor stor grad. (I tabellen er angitt *reduksjonen* i antall ulykker dersom variabelen øker med en enhet. Det vil si at + betyr en ulykkesreduksjon og – en økning.) Vi ser at både horisontal- og vertikalkurvturen påvirker antall ulykker og ulykkesrisikoen. Jo flere og skarpere kurver på en vegstrekning, jo flere ulykker. Og jo større stigning, jo flere ulykker. Andre undersøkelser viser at det er først ved bratte stigninger (> 7 %), at vi får en betydelig økning i risikoen (Elvik, Erke m. fl. 2009). Samme referanse viser også til en undersøkelse hvor strekninger med mange høybrekk og lavbrekk, har *lavere* ulykkesrisiko enn en tilsvarende flat strekning.

**Tabell 2: Signifikante uavhengige geometrivariabeler og deres innvirkning på ulykkesrisikoen (Vogt og Bared 1998)**

Segment Model	Accident reduction factor <sup>1</sup>
LW (Lane Width)	+8.1%
SHW (Shoulder width, average right and left)	+5.7%
RHR (Average Roadside Hazard Rating, 1=good 7=very poor)	-6.9%
DD (Driveway Density (driveways per mile))	-0.84%
DEG (Degree of Curve (degrees pr 100 ft))	-4.6%
V (Absolute change in grade of a crest curve (percent per 100 ft))	-59.2%
GR (Absolute grade in percent of a uniform grade section)	-11.0%

<sup>1</sup> Percentage change in mean predicted no of accidents when variable is increased by one unit, all other variables being held fixed (+ = accident reduction, - = accident increase)

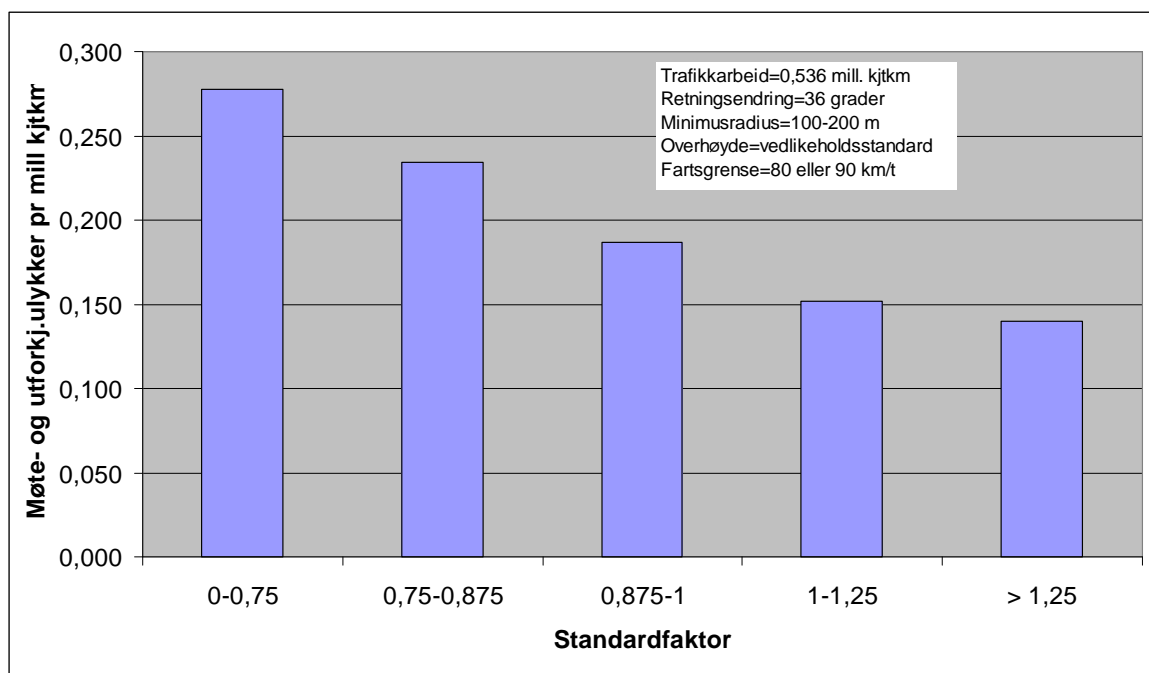


I en eldre tysk undersøkelse fra 1943 referert i Lamm, Psarianos m. fl. 1999, hevdes det at monotone strekninger med lange rettstrekninger har høyere ulykkesrisiko enn strekninger satt sammen av kurver (med store radier). Årsaken til dette er at førere lett faller i søvn på de monotone strekningene eller har et lavere oppmerksomhetsnivå.

### 3.4 Spesielt om standardsprang – ”Design Consistency”

De ulike lands vegnormaler inneholder bestemmelser om minimum kurveradier og maksimal stigning alt etter hvilken vegklasse det gjelder. Men selv om en overholder disse bestemmelsene kan en ”sette sammen” veglinja slik at det oppstår standardsprang som kommer uventet på førerne og dermed skaper ulykker.

I Sakshaug 2000a er standardspranget beskrevet som forholdet mellom beregnet gjennomsnittsfart i kurven (i henhold til modellen angitt på side 3) og gjennomsnittsfart over 500 m på hver side av kurven (Begge kjøreretninger er her altså betraktet under ett.) Sistnevnte gjennomsnittsfart er beregnet ved hjelp av fartsmodellen i EFFEKT (se side 15). Denne størrelsen er i kalt ”standardfaktor”. Jo lavere standardfaktor, jo større standardbrudd. Figur 25 nedenfor viser sammenhengen mellom denne standardfaktoren og ulykkesrisikoen. Jo mindre standardfaktor (dvs større standardsprang) jo høyere ulykkesfrekvens i kurven.



**Figur 25: Møte- og utforkjøringsulykker pr mill kjtkm i kurver som funksjon av en standardfaktor som beskriver standardsprang.**

En lignende beregningsmetode for standardsprang, ligger til grunn for Utforkjøringsrisikofaktoren, forkortet URF (Sakshaug 2002). Formelen er imidlertid slik at jo høyere URF, jo større standardsprang. URF-modellen er bygget inn i et dataprogram som kan identifisere standardsprang på eksisterende veg. Hovedsakelig blir dette kurver, som det gjøres mindre tiltak i (for eksempel skilting).

Lamm, Wolhuter m. fl. 2001 har foreslått 3 ulike krav for å sikre en enhetlig standard på en vegstrekning:

1. ”Design Consistency”  
Strekningens dimensjonerende fart skal samsvare med den virkelige kjøreatferd, uttrykt ved 85 %-fraktilen
2. ”Operating speed consistency”  
Det skal være et jevnt fartsnivå (uttrykt ved 85 %-fraktilen) langs hele strekningen og alle de elementer denne består av.
3. ”Consistency in driving dynamics”  
Det skal være samsvar mellom den sidefriksjon som er antatt ved strekningens dimensjonerende fart, og den som virkelig blir utnyttet ved gjeldende fartsnivå på strekningen, uttrykt ved 85 % - fraktilen.

Tabell 3 nedenfor viser hvilke grenseverdier for de 3 ulike kriteriene som tilsvarer god, tilfredsstillende eller dårlig standard.

**Tabell 3: Grenseverdier for de ulike krav for å unngå standardsprang (Lamm, Wolhuter m. fl. 2001)**

<b>SAFETY CRITERION I</b>	
<b>Speed Difference (km/h)</b>	<b>Quality of design</b>
$ V_{85_i} - V_D  \leq 10$	Good
$10 <  V_{85_i} - V_D  \leq 20$	Tolerable
$ V_{85_i} - V_D  > 20$	Poor
<b>SAFETY CRITERION II</b>	
<b>Speed Difference (km/h)</b>	<b>Quality of design</b>
$ V_{85_i} - V_{85_{i+1}}  \leq 10$	Good
$10 \leq  V_{85_i} - V_{85_{i+1}}  \leq 20$	Tolerable
$20 <  V_{85_i} - V_{85_{i+1}} $	Poor
<b>SAFETY CRITERION III</b>	
<b>Frictional Difference</b>	<b>Quality of design</b>
$+0,01 \leq f_{RA} - f_{RD}$	Good
$-0,04 \leq f_{RA} - f_{RD} \leq +0,01$	Tolerable
$f_{RA} - f_{RD} < -0,04$	Poor

Her er:

$V_{85_i}$  : 85 % - fraktilen for designelement  $i$  (kurve eller rettstrekning)

$V_{85_{i+1}}$  : 85 % - fraktilen for designelement  $i+1$

$V_D$  : Dimensjonerende fart for strekningen

$f_{RA}$  : Antatt sidefriksjon for dimensjonerende fart på strekningen

$f_{RD}$  : Utnyttet sidefriksjon i henhold til fartsnivået i aktuelle kurve (85 % - fraktilen)

Forfatterne angir metoder for å beregne de ulike verdier nevnt ovenfor.

I Fitzpatrick, Anderson m. fl. 2000 har en vurdert 4 ulike mål for ”design consistency”:

1. Beregnet fartsreduksjon i en horisontalkurve i forhold til foregående kurve eller rettstrekning (tilsvarer ”Safety Criterion II” ovenfor)
2. Forholdet mellom kurveradius for en enkeltkurve og gjennomsnittlig kurveradius for strekningen i sin helhet.
3. Gjennomsnittlig vinkelendring for vertikalkurvaturen på en vegstrekning
4. Gjennomsnittlig vinkelendring for horisontalkurvaturen på en vegstrekning

En fant at kriterium 1 hadde klart størst sammenheng med ulykkesrisikoen (se Tabell 4 nedenfor).

**Tabell 4: Sammenheng mellom verdier for mål på standardbrudd type 1, og ulykkesfrekvens (Fitzpatrick, Anderson m. fl. 2000)**

Design safety level*	Number of horizontal curves	3-yr accident frequency	Exposure (million veh-km)	Accident rate (accidents/million veh-km)
Good: $\Delta V_{85} \leq 10$ km/h	4,518	1,483	3,206.06	0.46
Fair: $10 \text{ km/h} < \Delta V_{85} \leq 20$ km/h	622	217	150.46	1.44
Poor: $\Delta V_{85} > 20$ km/h	147	47	17.05	2.76
Combined	5,287	1,747	3,373.57	0.52

\* $\Delta V_{85}$  = difference in 85th percentile speed between successive geometric elements (km/h)

Den norske URF-modellen er et mål for standardbrudd av type 1. Det er en sammenheng mellom URF-verdien og ulykkesfrekvensen i en kurve (Sakshaug 2002).

I Håndbok 017 (Statens Vegvesen 2008a) er det stilt krav til radius for nabokurver. Dette er det eneste konkrete kravet som går på standardsprang.

## 4 Stiv eller myk linjeføring: Oppsummering og konklusjoner

Ulykkesrisikoen på en strekning har en klar sammenheng med horisontalkurvaturen. Undersøkelser i Norge viser at ulykkesrisikoen (både med hensyn på alle personskadeulykker og alvorlige ulykker med drepte og hardt skadde) er høyest ved kurveradier 50-70 m, og at den deretter avtar med økende kurveradius. Ved kurveradius rundt 400 m, nærmer ulykkesrisikoen seg verdien for en rettstrekning. Dette finner en også i en rekke utenlandske undersøkelser, og samsvarer med at fartsnivået i kurver med radius over 400 m, nærmer seg fartsnivået på en rettstrekning.

Ut fra det ovenstående skulle det være nærliggende å anta at veger som er konstruert med rettstrekninger eller kurver med radius over 400 m skulle ha omtrent samme ulykkesrisiko, uavhengig av hvilke kurveradier som blir anvendt (forutsatt > 400m) og forekomsten av rettstrekninger. De ulike kriterier for god ”design consistency”, vil også være oppfylt på en slik veg.

Vi har imidlertid ikke gode modeller for beregning av fartsnivået på strekninger med kurver med store radier (for eksempel > 1000 m) og rettstrekninger. Fartsmålinger i Norge på flate rettstrekninger > 1300 m viser en stor spredning som ikke kan forklares med ulik vegbredde. Det samme viser en undersøkelse i USA. Det kan tenkes at fartsnivået øker etter hvor lenge en bilfører har kjørt på en veg med meget god geometrisk standard med mulighet for valg av høy kjørefart. En slik variabel er ikke med i de fartsmodeller vi har gjennomgått. Det er derfor en mulighet at lange strekninger med stiv linjeføring har et høyere fartsnivå enn strekninger som har kurveradier mer i nærheten av 400 m og i liten grad lange rettstrekninger. Er det slik, vil det være naturlig å anta at sistnevnte type veger har ulykker med en lavere alvorlighetsgrad enn førstnevnte.

Reanalysering av et norsk datamateriale med strekninger bygd etter en definert standard (dimensjonerende fart) viser i hovedsak avtakende ulykkesrisiko med økende dimensjonerende fart. Jo høyere dimensjonerende fart, jo stivere linjeføring, men også bredere og flatere veger. Det der derfor vanskelig å skille ut den/de faktorer som i første rekke bidrar til lavere ulykkesrisiko.

I Trafikksikkerhetshåndboken (Elvik, Erke m. fl. 2009) er det på grunnlag av flere undersøkelser laget en modell for ulykkesfrekvensen som funksjon av kurveradius. Denne modellen viser at ulykkesfrekvensen på rettstrekninger er 10 % større enn ulykkesfrekvensen i kurver med store radier (1000 – 2000 m). (Det fremgår ikke hvilke referanser som ligger til grunn for sistnevnte konklusjon.) Ut fra dette anbefales at det er sikkerhetsmessig bedre å konstruere en veg med slake kurver (dvs enn med utstrakt bruk av rettstrekninger).

Et argument for at en mykere linjeføring er sikkerhetsmessig bedre enn en stiv linjeføring, er at sistnevnte gir større monotoni og dermed lavere oppmerksomhetsnivå og større fare for avsovning. Vi har imidlertid ikke gått nærmere inn på dette i denne studien.

På grunnlag av den litteratur som er gjennomgått og de analyser som er foretatt, er det imidlertid vanskelig å trekke en entydig konklusjon om hvordan en stiv linjeføring innvirker på fartsnivå og ulykkesrisiko i forhold til en mykere linje. Det forutsetter da at sistnevnte linjeføring har kurveradier som ikke ligger vesentlig under 400 m.

## Litteraturliste

- Elvik, Rune, Erke, Alena m. fl. . *Trafikksikkerhetshåndboken (Web-utgave)*. TØI. <http://tsh.toi.no/>. Oppslagsdato: Sept 2009
- Fitzpatrick, Kay, Anderson, Ingrid B m. fl. . *Evaluation of Design Consistency Methods for Two-Lane Rural Highways, Executive Summary*. Texas Transportation Institute Publication no FHWA-RD-99-173. 2000
- Fitzpatrick, Kay, Elefteriadou, Lily m. fl. . *Speed prediction for two-lane rural highways*. Office of Safety Research and Development, Federal Highway Administration. 2000
- Lamm, Ruediger, Psarianos, Basil m. fl. . *Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook*: Mc Graw-Hill. 1999
- Lamm, Ruediger, Wolhuter, Keith m. fl. . *Introduction of a New Approach to Geometric Design and Road Safety*. 20th South African Transport Conference 16-20 July, 2001.
- Sakshaug, K, Engen, E m. fl. . *Vegens sideområde: Betydning for ulykkesfrekvens og skadekostnad*. . SINTEF Transportsikkerhet og –informatikk. Rapport no STF50 A07011. 2007
- Sakshaug, Kristian: *Fartsmodell for strekninger: Beregning av stigningsfaktor og kurvefaktor i regresjonsmodellen*. SINTEF Samferdselsteknikk Notat av 28. april. 1994a
- Sakshaug, Kristian: *Fartsmodell for strekninger: Regresjonsmodell for strekningsfart*. SINTEF Samferdselsteknikk Notat datert 22 des. 1994b
- Sakshaug, Kristian: *Overhøydens innvirkning på ulykkesfrekvens i kurver*. SINTEF Samferdsel Rapport no STF22 A00562. 2000a
- Sakshaug, Kristian: *Sammenheng mellom ulykkesfrekvens, ulykkeskostnad og veggeometri utenfor tettbygd strøk*. SINTEF Bygg og miljøteknikk, avd Samferdsel. Rapport no STF22 A00555. 2000b
- Sakshaug, Kristian: *Utforkjøringsrisikofaktor i kurver (URF) – evaluering opp mot ulykker og alternativ risikomodel*. SINTEF Veg og samferdsel Rapport no STF22 A 02333. 2002
- Spacek, P. og Belopitov, I.: *Geschwindigkeiten in Kurven*. Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETH). Zürich: VSS-Forschungsauftrag no 1/96. 1999
- Statens Vegvesen: *Håndbok 017: Veg- og gateutforming. Normaler*. 2008a
- Statens Vegvesen: *Håndbok 265: Linjeføringsteori. Veiledning*. 2008b
- Straume, Anders: *Dokumentasjon av EFFEKT 6 (Pr dato ikke publisert)*. SINTEF Veg- og transportplanlegging. 2009
- Turner, Shane og Tate, Fergus: *Relationship between Road Geometry, Observed Travel Speed and Rural Accidents*. New Zealand Transport Agency Research Report No 371. 2009

Vogt, Andrew og Bared, Joe G.: *Accident Models for Two-Lane Rural Roads: Segments and Intersections*. Federal Highway Administration Report no FHWA-RD-98-133. 1998