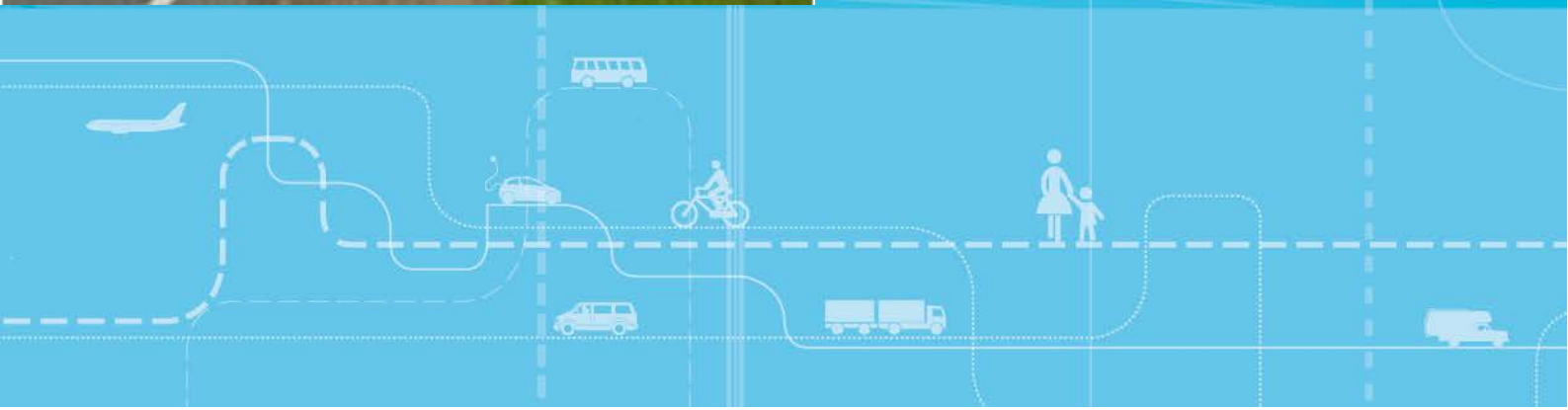


# Vegens geometriske tverrsnittselementer og betydning for trafikksikkerheten





# Vegens geometriske tverrsnittselementer: Betydning for trafikksikkerhet

Alena Katharina Høye

Forsidebilde: Shutterstock

Transportøkonomisk institutt (TØI) har opphavsrett til hele rapporten og dens enkelte deler. Innholdet kan brukes som underlagsmateriale. Når rapporten siteres eller omtales, skal TØI oppgis som kilde med navn og rapportnummer. Rapporten kan ikke endres. Ved eventuell annen bruk må forhåndssamtykke fra TØI innhentes. For øvrig gjelder [åndsverklovens](#) bestemmelser.

ISSN 0808-1190 Papir

ISSN 2535-5104 Elektronisk

ISBN 978-82-480-2380-7 Papir

ISBN 978-82-480-2363-0 Elektronisk

Oslo, juni 2021

**Tittel:** Geometriske tverrsnittselementer og betydning for trafiksikkerhet **Title:** Safety effects of cross section elements

**Forfatter:** Alena Katharina Høye **Author:** Alena Katharina Høye  
**Dato:** 06.2021 **Date:** 06.2021  
**TØI-rapport:** 1831/2021 **TØI Report:** 1831/2011  
**Sider:** 91 **Pages:** 91  
**ISSN papir:** 0808-1190 **ISSN paper:** 0808-1190  
**ISSN elektronisk:** 2535-5104 **ISSN:** 2535-5104  
**ISBN papir:** 978-82-480-2380-7 **ISBN Paper:** 978-82-480-2380-7  
**ISBN elektronisk:** 978-82-480-2363-0 **ISBN Electronic:** 978-82-480-2363-0  
**Finansieringskilde:** Statens vegvesen **Financed by:** Norwegian Public Roads Administration

**Prosjekt:** 1175 – Trafiksikkerhets-håndboken **Project:** 1175 – Handbook of Road Safety Measures  
**Prosjektleder:** Alena Katharina Høye **Project Manager:** Alena Katharina Høye  
**Kvalitetsansvarlig:** Ingeborg S. Hesjevoll **Quality Manager:** Ingeborg S. Hesjevoll  
**Fagfelt:** Trafiksikkerhet på veg **Research Area:** Road safety  
**Emneord:** Vegbredde **Keywords:** Rural roads  
Kjørefeltbredde  
Skulderbredde  
Midtdeler  
Sideterreng  
Cross section  
Road width  
Lane width  
Shoulder width  
Median  
Roadside hazard

#### Sammendrag:

Geometriske tverrsnittselementer som har betydning for trafiksikkerhet på tofeltsveger omfatter bl.a. veg-, kjørefelt- og skulderbredde. En økning i bredden medfører som regel færre ulykker, især ved høye trafikkmengder. En økning i skulderbredden har størst ulykkesreducerende effekt i kurver. Det finnes imidlertid noen unntak: En økning i vegbredden kjørefeltbredde kan medføre flere ulykker på veger med lav trafikkmengde. Når man må velge mellom bredere skuldre og bredere kjørefelt (når den samlede vegbredden er gitt), er det i de fleste tilfeller en sikkerhetsmessig fordel å velge bredere skuldre, men det kan i noen tilfeller være omvendt. Å øke antall kjørefelt medfører som regel, en nedgang av antall ulykker, i hovedsak fordi den generelle vegstandarden økes samtidig. Unntak er bl.a. når økningen av antall kjørefelt går på bekostning av midtdeler- og kjørefeltbredde. Veger med midtdeler har i gjennomsnitt færre ulykker enn veger uten midtdeler. Forbikjøringsfelt på tofeltsveger har også vist seg å redusere antall ulykker. Sikkerhetssoner langs vegen som er frie for faste hindre, reduserer antall utforkjøringsulykker, mest i kurver og ved høy trafikkmengde.

#### Summary:

Geometric design elements of rural two-lane highways that are related to crash frequencies include road, shoulder, and lane width. Increasing width is for the most part associated with decreasing crash numbers, especially at high volumes and, for shoulder width, in curves. However, at low volumes, increasing road and lane width may be associated with increasing crash numbers. At a given total road width, it is in most cases preferable (from a safety perspective) to have wide shoulders and narrow lanes. Increasing the number of lanes is mostly associated with decreasing crash numbers, mainly because it also is associated with other improvements. Increasing lane numbers may increase crash numbers when lanes are narrowed or the median omitted. Medians are generally associated with decreasing crash numbers. Passing lanes were also found to reduce crashes.

**Language of report:** Norwegian

Transportøkonomisk Institutt  
Gaustadalléen 21, 0349 Oslo  
Telefon 22 57 38 00 - [www.toi.no](http://www.toi.no)

Institute of Transport Economics  
Gaustadalléen 21, N-0349 Oslo, Norway  
Telephone +47 22 57 38 00 - [www.toi.no](http://www.toi.no)

# Forord

Denne rapporten inneholder lange versjoner av kapitlene i Trafikksikkerhetshåndboken om vegens tverrprofil og sideterreng, samt midtdeler (kapitler 1.11, 1.12 og 1.21). Korte versjoner av alle kapitlene er publisert online på [tshandbok.no](http://tshandbok.no).

Trafikksikkerhetshåndboken er et oppslagsverk som inneholder informasjon om virkninger på ulykker av 145 ulike typer trafikksikkerhetstiltak som er basert på systematiske litteratursøk og, så langt som mulig, metaanalyse. Trafikksikkerhetshåndboken er finansiert av Statens vegvesen og Samferdselsdepartementet siden 1980.

Denne rapporten er finansiert av Statens vegvesen som et prosjekt i direkte tilknytning til Trafikksikkerhetshåndboken. Prosjektleder på TØI er Alena Høye, kontaktperson hos Statens vegvesen er Arild Ragnøy.

Ingeborg S. Hesjevoll har vært ansvarlig for den interne kvalitetssikringen på TØI. Anne-Lene Sandberg har tilrettelagt rapporten til publisering.

Oslo, juni 2021

Transportøkonomisk institutt

*Bjørne Grimsrud*  
*Direktør*

*Trine Dale*  
*Avdelingsleder*



# Innhold

## Sammendrag

### Summary

<b>1</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Metode</b> .....	<b>2</b>
2.1	Litteratursøk.....	2
2.2	Type studier og kvalitetskrav.....	3
2.3	Analyse.....	5
<b>3</b>	<b>Resultater</b> .....	<b>7</b>
3.1	Vegbredde (tofeltsveger).....	7
3.2	Kjørefeltbredde.....	8
3.3	Vegskuldre.....	12
3.4	Kjørefelt og skulderbredde – kombinerte effekter.....	18
3.5	Antall kjørefelt.....	22
3.6	Midtdeler.....	23
3.7	Forbikjøringsfelt.....	28
3.8	Vegens sideterreng.....	29
<b>4</b>	<b>Tilleggsanalyse: Norske tofeltsveger</b> .....	<b>36</b>
4.1	Data.....	36
4.2	Metode.....	37
4.3	Deskriptiv statistikk.....	38
4.4	Resultater.....	40
<b>5</b>	<b>Oppsummering</b> .....	<b>48</b>
<b>6</b>	<b>Referanser</b> .....	<b>50</b>
	<b>Vedlegg A: Dimensjoneringsklasser</b> .....	<b>56</b>
	<b>Vedlegg B: Studier</b> .....	<b>57</b>
	<b>Vedlegg C: Deskriptiv statistikk for norske tofeltsveger</b> .....	<b>87</b>





## Sammendrag

# Geometriske tverrsnittselementer og betydning for trafiksikkerhet

TØI rapport 1831/2021  
Forfatter: Alena Katharina Høy  
Oslo 2021 91 sider

*Geometriske tverrsnittselementer som har betydning for trafiksikkerhet omfatter bl.a. veg-, kjørefelt- og skulderbredde samt antall kjørefelt og midtdeler. Denne rapporten oppsummerer resultater fra internasjonale studier og analyse av ulykkesdata fra norske tofeltsveger. Vegbredde: Brederer veger har (ved uendret antall kjørefelt) som regel færre ulykker enn smalere veger, især ved høy trafikkmengde.*

*Kjørefeltbredde: Veger med bredere kjørefelt har som regel færre ulykker enn veger med smalere kjørefelt, især ved høy trafikkmengde. Skulderbredde: Veger med bredere skuldre har færre ulykker enn veger med smale eller ikke-asfalterte skuldre, især ved høy trafikkmengde og i kurver. Kjørefelt- vs. skulderbredde: Når man må velge mellom bredere skuldre og bredere kjørefelt (når den samlede vegbredden er gitt), er det i de fleste tilfeller en fordel å velge bredere skuldre framfor bredere kjørefelt. Antall kjørefelt: Å øke antall kjørefelt medfører som regel en nedgang i antall ulykker, men når økningen i antall kjørefelt går på bekostning av midtdeler- og kjørefeltbredde medfører økende antall kjørefelt flere ulykker. Midtdeler: Veger med midtdeler har i gjennomsnitt færre ulykker enn veger uten midtdeler. Forbikjøringsfelt: Forbikjøringsfelt, dvs. et tredje kjørefelt på deler av en tofeltsveg, reduserer som regel antall ulykker. Faste hindre: Blant faste hindre ved veger utgjør bropilarer, trær og stolper, samt fjellskjæringer, den største risikoen for alvorlige skader ved påkjøring. Grøfter og vann medfører også i gjennomsnitt høyere skadegrad i utforkjøringsulykker. Sikkerhetssoner: Sikkerhetssoner langs veger som er frie for faste hindre, reduserer antall utforkjøringsulykker og skadegraden i disse, mest i kurver og ved høy trafikkmengde. Gatetrær: I tettbygd strøk kan trær langs vegen redusere antall ulykker, og antall ulykker går ned med økende avstand mellom veg og trær.*

Denne rapporten beskriver en litteraturstudie av sammenhengen mellom geometriske elementer i vegens tverrsnitt og trafiksikkerheten, målt som effekten på antall drepte og hardt skadde eller antall personskaueulykker, og en oppdatert analyse av norske ulykkesdata. Hovedfokus er på veger med tverrsnitt og trafikkmengder som er typiske i Norge, i hovedsak tofeltsveger i spredtbygd strøk.

Geometriske elementer som inngår i analysene er:

- Veg-, kjørefelt- og skulderbredde (i hovedsak på tofeltsveger)
- Antall kjørefelt
- Midtdeler og midtdelerbredder (i hovedsak på flerfeltsveger)
- Vegens sideterreng.

Resultatene er sett i forhold til vegens funksjon og standard, trafikkmengde og fartsgrense. Eventuelle samvirkeeffekter er også omtalt. Smalere kjørefelt i kombinasjon med bredere skuldre ved gitt vegbredde er et eksempel på dette. De fleste studiene som er funnet i litteraturstudien, er fra USA. Søkriteriene omfattet ikke land, men vi har kun tatt med studier som prinsipielt også kan være relevant for norske veger.

Denne rapporten er ment som grunnlag for et internt arbeid i Statens vegvesen (f.eks. i utarbeidelse av vegnormalene), hvor hensikten er å inkludere geometriske elementer i etatens øvrige modeller for optimering av trafiksikkerhet.

## Bredere veger - færre ulykker

De fleste studiene viser at bredere veger i gjennomsnitt har færre ulykker enn smalere veger. Dette gjelder i hovedsak på veger med «vanlige» bredder. En slik sammenheng finner man ikke nødvendigvis på verken meget brede veger, eller på veger med veldig lite trafikk eller uten asfaltdekke.

På norske tofeltsveger er den gjennomsnittlige ulykkesnedgangen per 30 cm økning av vegbredden på 2,2% og større på veger med høyere trafikkmengde (ÅDT over 2000). Ved lav trafikkmengde (ÅDT < 1500) derimot medfører en økning i vegbredde flere ulykker.

## Bredere kjørefelt - færre ulykker

De fleste studiene viser at en økning i kjørefeltbredde medfører færre ulykker. Blant disse er den eneste før-etter studien som er funnet. Noen studier viser imidlertid at en økning i kjørefeltbredde medfører flere ulykker, eller at det er ikke-signifikante eller ikke-monotone sammenhenger mellom kjørefeltbredde og ulykker.

Resultatene tyder på at effektene av økt kjørefeltbredde er mest positive for trafikksikkerheten ved **høy trafikkmengde**. På norske tofeltsveger medfører en økning i kjørefeltbredde en nedgang av antall ulykker ved trafikkmengder over ÅDT 2300 og større nedganger ved høyere trafikkmengder, men økende antall ulykker ved lavere trafikkmengder.

De aller fleste studiene gjelder ulykker på tofeltsveger i spredtbygd strøk. Det har ikke vært mulig å undersøke eventuelle forskjeller mellom ulike vegtyper. Når det gjelder forskjeller mellom ulike ulykkestyper eller ulike skadegrader i ulykkene, spriker resultatene og det er ikke mulig å trekke generaliserbare konklusjoner.

## Bredere kjørefelt ved uendret vegbredde - flere ulykker

Blant studiene som har undersøkt hvordan fordelingen av en gitt vegbredde på kjørefelt og skuldre henger sammen med antall ulykker, viser de fleste at **bredere kjørefelt** (og dermed smalere skuldre) under de fleste forhold medfører **flere ulykker**.

Det motsatte, dvs. at bredere kjørefelt medfører **færre ulykker**, ble i noen studier funnet under spesifikke forutsetninger (lav/høy ÅDT eller smal/bred veg), men uten at det er noe systematikk i disse forutsetningene. Ingen studier viser at bredere kjørefelt ved uendret vegbredde generelt medfører færre ulykker.

I tillegg er det noen studier som **ikke** har funnet **noen sammenheng** mellom kjørefeltbredde og antall ulykker ved uendret vegbredde.

At det er mer fordelaktig å benytte eksisterende vegbredde på bredere skuldre, heller enn bredere kjørefelt, støttes også av øvrige empiriske studier av kjørefelt- og skulderbredde. Disse viser gjennomgående at økende skulderbredde medfører færre ulykker, især på veger med mange kurver og eneulykker, mens resultater for kjørefeltbredde er mer inkonsistente. Både for brede skuldre og brede kjørefelt er de mest positive sikkerhetseffektene funnet ved høy trafikkmengde. Det er derfor ikke mulig å trekke konklusjoner om hvorvidt den optimale kombinasjonen av kjørefelt- og skulderbredde er forskjellig ved ulike trafikkmengder.

## Bredere skuldre - færre ulykker

Empiriske studier viser at veger med bredere skuldre i gjennomsnitt har færre ulykker enn veger med smalere skuldre, og at asfalterte skuldre medfører færre ulykker enn ikke-asfalterte skuldre. Dette er konsistent i et stort antall studier.

Den gjennomsnittlige ulykkesnedgangen per 30 cm økning av skulderbredde er 3,7% (-4,2% på tofeltsveger og -2,0% på flerfeltsveger). Hvorvidt disse resultatene er generaliserbare er imidlertid usikkert, da en del ikke-signifikante sammenhenger ikke er rapportert. Den reelle effekten kan altså være mindre. På norske tofeltsveger er den gjennomsnittlige ulykkesnedgangen per 30 cm økning av skulderbredden på 2,8%, og større på veger med høyere trafikkmengder (over ÅDT 2000).

Resultatene fra litteraturgjennomgangen viser videre at økning i skulderbredde medfører større ulykkesreduksjoner:

- Ved **høyere trafikkmengde**: På tofeltsveger er sammenhengen mellom skulderbredde og antall ulykker sterkere ved høyere trafikkmengde.
- Når **vegskuldrene i utgangspunktet er brede**: På veger hvor skuldrene allerede er brede, har ytterligere økning av skulderbredden ingen eller liten effekt. Her kan installering av rumlestriper ha større effekt. Den maksimale skulderbredden som kan medføre ulykkesreduksjoner ligger trolig mellom 2 meter og det er vanlig kjørefeltbredde på den aktuelle vegen.
- For **eneulykker**: Skulderbredde har sterkere sammenheng med eneulykker enn med flerpartsulykker. Hvorvidt bredere skuldre påvirker skadegraden i ulykker er uklart, men *velldig brede* skuldre (over 1,8 meter) kan medføre høyere skadegrad som følge av høyere fart.
- I **kurver**: Skulderbredde har sterkere sammenheng med ulykker i kurver enn med ulykker på rette strekninger.

## Flere kjørefelt - (som regel) færre ulykker

Veger med flere kjørefelt har som regel færre ulykker enn veger med færre kjørefelt, især når trafikkmengden er høy. Dette skyldes trolig i stor grad andre forskjeller mellom vegene, bl.a. at flerfeltsveger oftere har (bredere) midtdeler og midtrekkverk, bredere kjørefelt og skuldre, samt færre avkjørsler og kryss enn tofeltsveger. Men også når man sammenligner veger med ellers omtrent samme standard og trafikkmengde, har firefeltsveger færre ulykker enn tofeltsveger.

Når en økning av antall kjørefelt går på bekostning av kjørefelt- eller skulderbredde (smalere kjørefelt og/eller skuldre), kan antall ulykker derimot øke.

For veger uten midtdeler viser studier at firefeltsveger har flere ulykker enn tofeltsveger når trafikkmengden er høy, men at firefeltsveger kan ha færre ulykker enn tofeltsveger når trafikkmengden er lav. Firefeltsveger uten midtdeler finnes ikke som standard for norske veger.

## Bredere midtdeler - færre ulykker

I spredtbygd strøk har veger med midtdeler i gjennomsnitt 31% færre ulykker enn veger uten midtdeler. Forskjellen i antall ulykker mellom veger med og uten midtdeler er større for mer alvorlige ulykker og for møteulykker enn for andre ulykker. Siden de aller fleste

studiene er basert på ulykkesmodeller, kan resultatene ikke uten videre tolkes som forventede effekter av å installere midtdeler.

For det totale antall ulykker i tettbygd strøk ble det ikke funnet noen statistisk signifikant virkning av å etablere midtdeler. For ulykker med drepte eller hardt skadde, ble det imidlertid funnet relativt store reduksjoner.

Motorveger med bred midtdeler har i gjennomsnitt færre ulykker enn motorveger med smal midtdeler. De største effektene av økning i midtdelerbredde ble funnet på motorveger med en opprinnelig midtdelerbredde på under syv meter og på øvrige veger i spredtbygd strøk. På veger i tettbygd strøk og på motorveger som allerede har bred midtdeler, er effekten betydelig mindre.

Når man sammenligner veger med omtrent samme totale vegbredde, har veger med bred midtdeler og to kjørefelt i gjennomsnitt færre ulykker enn veger med smal midtdeler og flere kjørefelt.

## **Forbikjøringsfelt på tofeltsveger - færre ulykker**

Forbikjøringsfelt har vist seg å redusere antall ulykker. Reduksjonen er størst for personskadeulykker i forbikjøringsfeltet (-33%) og mindre for mindre alvorlige ulykker.

Når man ser på lengre strekninger hvor deler av strekningen har forbikjøringsfelt, viser de fleste studiene at ulykkesnedgangen er større på de delene av strekningen som har forbikjøringsfelt enn for strekningen for øvrig. Hvorvidt det er forbikjøringsforbud på de delene av strekningen som ikke har forbikjøringsfelt, er ikke spesifisert i de fleste studiene.

Lengre forbikjøringsfelt har vist seg å medføre større ulykkesreduksjoner enn kortere forbikjøringsfelt. Også krabbefelt (forbikjøringsfelt i bratte stigninger) medfører ulykkesreduksjoner.

## **Farligere sideterreng - flere utforkjøringsulykker**

Sikkerhetssoner langs veger som er frie for faste hindre som kan bli påkjørt, har vist seg å redusere antall utforkjøringsulykker. Ulykkesreduksjonen er større jo bredere sikkerhetssonen er (opptil omtrent ti meter). Virkningen av sikkerhetssoner er større i kurver enn på rette strekninger, og større ved høy enn ved lav trafikkmengde. En økning av bredden på sikkerhetssoner har størst effekt når sikkerhetssonen i utgangspunktet er smal.

I tettbygd strøk kan gatetrær redusere antall ulykker, men også her går antall ulykker ned med økning i avstanden mellom veg og trær. Det er især i kryss at trær og stolper kan medføre økt risiko i tettbygd strøk.

Blant faste hindre ved veger er det især bropilarer, trær og stolper, samt trolig fjellskjæringer, som utgjør den største risikoen for alvorlige skader ved påkjøring. Grøfter og vann medfører også i gjennomsnitt høyere skadegrad i utforkjøringsulykker enn når vegen har flatt sideterreng uten faste hindre. Bratte skråninger langs vegen øker både antall og alvorlighetsgraden i utforkjøringsulykker, og økningen er større jo brattere skråningen er.

## Summary

# Safety effects of cross section elements

TOI Report 1831/2021  
Author: Alena Katharina Høy  
Oslo 2021 91 pages Norwegian

*Safety relevant cross section elements include the median and the number of lanes, as well as the width of the pavement, lane, and shoulder. This report presents results from a review of international literature on these cross section elements, and an analysis of Norwegian rural to-lane roads. Road width: All else being equal (including traffic volume and the number of lanes), wider roads have on average fewer crashes than narrower roads, especially at high volumes. Most studies indicate that both wider lanes and wider shoulders are associated with fewer crashes than narrower lanes, especially at high volumes. However, at low volumes, some studies found increasing crash numbers at increasing lane widths. For a given road width, wider shoulders, rather than wider lanes, are found to be most beneficial for safety in most cases. Number of lanes: Most studies indicate that four-lane roads have fewer crashes than two-lane roads, all else being equal. However, when the number of lanes is increased at the expense of narrower lanes or reduced median width, crash numbers may increase. Median: Both presence of a median and increasing width of the median are associated with fewer crashes. Passing lane: Additional lanes on two-lane roads have been found to reduce crash numbers. Roadside hazards: Among fixed objects hit in run-off-road crashes, bridge pillars, trees, poles, and rock-cuts pose the highest injury risk. Ditches and water are also associated with increased injury risk. Safety zones that are free for hazardous objects reduce the severity of run-off-road crashes. Trees along urban roads: In urban areas, roadside trees may reduce crash numbers. However, a larger distance between the driving lanes and trees is associated with less serious injuries.*

The present report describes results from a literature review of studies of the relationships between cross section elements and road safety. The main focus is on roads similar to typical Norwegian roads in terms of cross section and volume (below 80.000). An analysis of crash statistics on Norwegian two-lane roads is also presented.

Cross section elements covered in the study include:

- Road, lane and shoulder width (mainly on two-lane rural roads)
- Number of lanes
- Median and median width (mainly on multi-lane roads)
- Safety zones.

## Wider roads – fewer crashes

Most studies show that, if all else is equal, including volume and number of lanes, wider roads are associated with fewer crashes. However, this may not be true on roads that already are very wide and on low volume gravel roads.

On Norwegian two-lane roads, the number of crashes decrease by on average 2.5% for each 1 ft. increase in road width. The decrease is greater at higher volumes (Annual average daily traffic, AADT, above 2000). At low volumes (AADT < 1500), increasing width is associated with increasing crash numbers.

## **Wider lanes – fewer crashes**

In most studies, increasing lane width is associated with fewer crashes, all else being equal. However, the results are somewhat inconsistent: Some studies find increasing crash numbers at increasing lane widths, and some studies find non-significant or non-monotonous relationships.

Overall, the results indicate that the safety effects of increasing lane width are most favorable at high volumes. On Norwegian two-lane roads, increasing lane width is associated with decreasing crashes only at volumes above approximately AADT 2300, and with increasing crash numbers at lower volumes.

## **Wider lanes at unchanged road width - more crashes**

When the total road width is constant, most studies indicate that it is more beneficial to have wider shoulders, rather than wider lanes. Some studies found that wider lanes might be more beneficial under certain circumstances, but these circumstances were not consistent across studies. No studies found that wider lanes are generally preferable to wider shoulders when total width remains unchanged.

## **Wider shoulders – fewer crashes**

A large number of empirical studies consistently show that increasing shoulder width is associated with decreasing crash numbers and that paved shoulders are preferable to gravel shoulders.

On average, a 1 ft. increase of shoulder width is associated with a 3.7% decrease in crash numbers (-4.2% on two-lane roads, -2,0% on multi-lane roads). These effects may be somewhat overestimated as not all non-significant results could be included in the analyses.

On Norwegian two-lane roads, a 1 ft. increase of shoulder width by is associated with a decrease in crash numbers by 2.8% on average. The decrease is larger on roads with higher volumes (above AADT 2000).

Results from the literature review show that the positive safety effects of increasing shoulder width are greater:

- At higher volumes than at lower volumes.
- For shoulders that originally are narrow. For shoulders that are approximately as wide as a lane or wider, a further increase of width cannot be expected to reduce crashes. Very wide shoulders can even increase crash severity due to increased speed.
- For single vehicle crashes than for multiple vehicle crashes.
- In crashes that occur in curves, compared to straight sections.

## **More lanes - fewer crashes**

Most studies find that four-lane roads have fewer crashes than two-lane roads, all else being equal. This is mostly due to multi-lane roads often having a higher standard (wider lanes and shoulders, median barriers etc.), but the same type of relationship is also found when other factors are statistically controlled for.

However, when the number of lanes is increased by narrowing the lanes or the median, crash numbers may increase.

These results refer to divided roads. For undivided roads, a relationship between number of lane and crashes has only been found at low volumes. However, on high volume undivided roads, crash numbers tend to increase as the number of lanes increases. In Norway, four-lane undivided roads are generally not used.

## **Divided roads – fewer crashes**

Both the presence of a median and increasing median width is associated with fewer crashes. In rural areas, median divided roads have on average 31% fewer crashes than undivided roads, when other factors, including volume, are statistically controlled for. The safety effects of medians and median width are greater for more serious crashes and greater for head on crashes than for other crashes.

In urban areas, empirical studies found reduced numbers of serious crashes on divided (vs. undivided) roads, but no effects on total crash numbers.

On motorways, increasing median width is associated with decreasing crash numbers, especially when the original median width is below approximately 20 ft. Further increases of median width have only small safety effects, and the effect decreases when original median width increases. Safety effects of increasing median width are also rather small in urban areas.

When comparing roads with about equal total width, wider medians and few lanes are on average safer than narrower medians and more lanes.

## **Passing lanes on two-lane roads - fewer crashes**

Passing lanes, i.e. additional lanes on two-lane roads, have been found to reduce crash numbers. For injury crashes the effect is on average a reduction by 33%. On average, longer passing lanes are associated with greater crash reductions than short passing lanes. Climbing lanes (passing lanes on steep uphill sections, mainly meant for heavy vehicles) have also been found to reduce crash numbers.

## **Roadside hazards – more serious run-off-road crashes**

Safety zones along rural roads that are free from hazardous objects generally reduce the severity of run-off-road crashes. Crash reductions are greater for wider safety zones (up to about 30 ft.), and greater in curves than on straight sections.

Among fixed objects hit in run-off-road crashes, bridge pillars, trees, poles, and rock-cuts pose the highest injury risk. Ditches and water are also associated with increased injury risk when compared to a level roadside without hazardous objects. Steep roadsides increase both the number and severity of run-off-road crashes.

In contrast to rural roads, roadside trees in urban areas may reduce crash numbers. However, increasing the distance between the roadside and trees is associated with less serious injuries in urban areas as well. At urban intersections, both trees and poles were found to increase crash risk and injury risk.





# 1 Innledning

Denne rapporten beskriver en litteraturstudie av sammenhengen mellom vegens tverrsnitt og trafikksikkerheten målt som effekten på antall drepte og hardt skadde eller antall personskadeulykker og en oppdatert analyse av norske ulykkesdata.

Geometriske elementer som inngår i analysene er:

- Veg-, kjørefelt- og skulderbredde (i hovedsak på tofeltsveger)
- Antall kjørefelt
- Midtdeler og midtdelerbredder (i hovedsak på flerfeltsveger)
- Vegens sideterreng.

Resultatene må sees i forhold til vegens funksjon og standard, trafikkmengde og fartsgrense. Eventuelle samvirke-effekter er også omtalt. Smalere kjørefelt i samvirke med bredere skuldre, med gitt vegbredde, er et eksempel på dette.

Vegnormalene spesifiserer dimensjoner av de ulike geometriske elementene i tverrsnittet av en veg avhengig av vegstandard og trafikkmengde (ÅDT). Hensikten er å velge en mest mulig trafikksikker utforming med hensyn til vegens funksjon og standard. I praksis er dette også en avveining mellom trafikksikkerhet (skadekostnader) på den ene siden og kostnader for bygging av vegen på den andre. Senere erfaringer med revisjon av vegnormalene (N100), har vist at det er et betydelig faglig press både internt og eksternt på nettopp kunnskap om optimering av tverrsnittselementer i forhold til trafikksikkerhet.

Denne rapporten er ment som grunnlag for et internt arbeid i Statens vegvesen, hvor hensikten er å inkludere geometriske elementer i etatens øvrige modeller for optimering av trafikksikkerhet. Resultatene fra litteraturstudien er videre benyttet som grunnlag for revisjon av de aktuelle kapitlene i trafikksikkerhetshåndboken.

## 2 Metode

### 2.1 Litteratursøk

Litteratursøket er begrenset til studier fra 2000 eller senere.

Litteratursøket fokuserer i hovedsak på **før-etter** studier, med størst vekt på metodisk solide studier. Eldre før-etter studier (som foreligger fra tidligere oppdateringer av Trafikksikkerhetshåndboken) er tatt med dersom kvaliteten er vurdert som god nok.

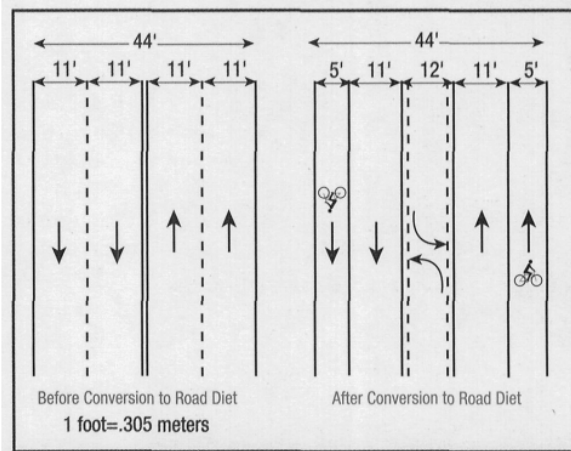
Ulike typer **tverrsnittsstudier** (med-og-uten studier og studier som er basert på ulykkesmodeller) er også inkludert. Mange slike studier er samlet inn i en metaanalyse av sammenhengen mellom trafikkmengde og antall ulykker (Høye & Hesjevoll, 2020), som ble gjort i forbindelse med revisjonen av tidligere versjoner av Trafikksikkerhetshåndboken. Litteratursøket fokuserte derfor i mindre grad på slike studier.

Relevante variabler som er undersøkt og som også er benyttet som søkeord i litteratursøket, er:

- **Vegbredde**
  - Fordeling av samme vegbredde på ulike veg- og skulderbredder
  - Fordeling av samme vegbredde på ulike antall kjørefelt
- **Antall kjørefelt**
- **Kjørefeltbredde**
- **Skulder**
  - Skulderbredde
  - Type skulder / asfaltering av skulder
- **Forbikjøringsfelt**
- **Midtdeler**
  - Type midtdeler
  - Midtdelerbredde
- **Sideterreng**
  - Farlig sideterreng, faste objekter ved vegen
  - Sikkerhetssone langs vegen.

Følgende tiltak er ikke inkludert:

- Toveis-venstresvingfelt og konvertering av firefeltsveg til tofeltsveg med gjennomgående toveis-venstresvingfelt («road diet»)<sup>1</sup>:



- Kryssutforming
- Sykkelfelt
- Kollektiv- / samkjøringsfelt
- «Safety edge treatment» (utforming av asfaltkanten)

I søket er hvert av søkeordene kombinert med ordet «crash» eller «accident». Litteratursøket er i hovedsak gjort på Google Scholar.

## 2.2 Type studier og kvalitetskrav

Det finnes generelt to forskjellige typer studier som kan være relevante: Tverrsnittsstudier (med-uten studier, ulykkesmodeller) og før-etter studier.

### 2.2.1 Tverrsnittsstudier / ulykkesmodeller

Slike studier undersøker forskjeller i antall ulykker mellom veger med ulik tverrprofil med statistisk kontroll for faktorer som trafikkmengde, fartsgrense mv. Mange slike studier har andre formål enn å undersøke effekten av vegens tverrprofil.

Slike studier er inkludert i resultatene når de oppfyller følgende kriterier:

- Minst en av de relevante variablene må være blant prediktorvariablene
- Det må være mulig å beregne en «effekt» av denne variabelen på antall ulykker
- Det må være kontrollert for andre variabler som f.eks. trafikkmengde og fartsgrense
- Det må være oppgitt grunnleggende informasjon om type veg (trafikkmengde/r, fartsgrense/r, midtdeler og -rekkverk)
- Datamaterialet må inneholde veger med trafikkmengder som er innenfor det som er typisk for norske veger (dette er mer detaljert beskrevet i avsnitt 2.2.3).

Det er videre en fordel om det er oppgitt et konfidensintervall, p-verdi eller lignende for effekten av variablene. Da kan man beregne vektorer og benytte resultatet i metaanalyse. Men vi har også inkludert resultater fra studier hvor det ikke har vært mulig å beregne vektorer.

<sup>1</sup> Bilde fra <https://search.proquest.com/openview/0d18d9184415f10cbcd0a45158cb4a08/1?pq-origsite=gscholar&cbl=42116>

Fra tidligere arbeid med Trafikksikkerhetshåndboken er det allerede samlet inn et stort antall slike studier, både fra det tidligere kapitlet om vegens tverrprofil og en metaanalyse av sammenhengen mellom trafikkmengde og ulykker.

En ulempe med resultater fra ulykkesmodeller er at man ikke uten videre kan tolke disse som effekter, dvs. at de ikke nødvendigvis sier noe om hva som vil skje når man endrer tverrsnittet fordi det kan være andre relevante forskjeller på veger med forskjellig tverrsnitt. Videre er det ikke mulig å generalisere resultater fra ulykkesmodeller til andre vegger enn dem som inngår i utviklingen av modellene. Det er derfor lagt størst vekt på ulykkesmodeller som er utviklet for vegger med trafikkmengder og fartsgrenser som er typiske for norske hovedveger.

## 2.2.2 Før-etter studier

Før-etter studier undersøker hvordan ulykkestall påvirkes av endringer i vegens tverrsnitt. Slike studier kan i ulik grad ha kontrollert for trend og forstyrrende variabler. Her vil vi kun ta med studier som i det minste har:

- Kontrollert for generelle endringer i ulykkesrisiko over tid
- Kontrollert for eventuelle andre endringer fra før- til ettersituasjonen, som f.eks. trafikkmengde.

Vi har videre vurdert for hver enkelt studie hvorvidt resultatene kan være påvirket av regresjonseffekter, og vi har lagt størst vekt på studier med kontroll for regresjonseffekter. Med regresjonseffekter menes at før-etter studier, hvor antall ulykker i førperioden har vært unormalt høy, som regel overestimerer ulykkesreduksjoner. Som ved ulykkesmodellene, er det videre et kriterium at vegene i studien i hovedsak har trafikkmengder under 80.000.

## 2.2.3 Utvalg av relevante vegger - seleksjonskriterier

For å vurdere hvilke vegger som er mest relevante i denne studien, viser de følgende tabellene deskriptiv statistikk for norske riks- og fylkesveger som inngår i utviklingen av ulykkesmodeller for perioden 2010-2015 (Høye, 2016).

Tabell 1: Deskriptiv statistikk for ÅDT på riks- og fylkesvegene (2010-2015) som inngår i utviklingen av ulykkesmodeller (Høye, 2016).

	ÅDT (siste)	ÅDT (snitt)	ÅDT (snitt; Høye, 2014)
<b>Antall</b>	76 046	76 046	73 170
<b>Gjennomsnitt (uvektet)</b>	2 466	2 393	2 690
<b>Standardavvik</b>	5 705	5 555	5 726
<b>Gjennomsnitt (vektet med segmentlengde)</b>	1 787	1 733	1 643
<b>Min</b>	5	5	1
<b>Maks</b>	99 894	98 043	92 957

Tabell 1: Frekvensfordeling for ÅDT på riks- og fylkesvegene (2010-2015) som inngår i utviklingen av ulykkesmodeller (Høye, 2016).

ÅDT	Antall	Andel	Kum. andel	Gj.sn. lengde (m)	Samlet lengde (km)	Andel av veglengden	Mill. kjt-km per år	Andel
< 100	6 168	8,1 %	8,1 %	792	4 884	9,7 %	136	0,4 %
100-499	25 785	33,9 %	42,0 %	749	19 318	38,5 %	1 906	6,0 %
500-999	12 904	17,0 %	59,0 %	682	8 804	17,6 %	2 326	7,3 %
1 000-1 999	11 137	14,6 %	73,6 %	634	7 057	14,1 %	3 664	11,6 %
2 000-2 999	6 133	8,1 %	81,7 %	601	3 686	7,3 %	3 288	10,4 %
3 000-3 999	3 084	4,1 %	85,8 %	535	1 651	3,3 %	2 099	6,6 %
4 000-4 999	2 023	2,7 %	88,4 %	502	1 016	2,0 %	1 668	5,3 %
5 000-9 999	4 719	6,2 %	94,6 %	464	2 188	4,4 %	5 590	17,6 %
10 000-19 999	2 977	3,9 %	98,5 %	377	1 123	2,2 %	5 498	17,3 %
20 000-39 999	791	1,0 %	99,6 %	390	309	0,6 %	3 122	9,8 %
40 000-59 999	189	0,2 %	99,8 %	365	69	0,1 %	1 172	3,7 %
60 000-79 999	90	0,1 %	99,9 %	361	32	0,1 %	823	2,6 %
80 000-	46	0,1 %	100,0 %	286	13	0,0 %	420	1,3 %
<b>Total</b>	<b>76 046</b>			<b>518</b>	<b>50 149</b>		<b>31 714</b>	

Tabellene over viser at norske hovedveger med svært få unntak har trafikkmengder på under 80.000 (i 2010-2015 hadde 13 km veg en ÅDT over 80.000; Høye, 2016).

De aller fleste veger har trafikkmengder under 20.000:

- 0,8% (ca. 430 km veg) av alle vegene hadde en ÅDT over 20.000
- 17,4% av all trafikkmengde kjøres på veger med ÅDT over 20.000
- 7,6% av all trafikkmengde kjøres på veger med ÅDT over 40.000
- 3,9% av all trafikkmengde kjøres på veger med ÅDT over 60.000.

**Utvalg av relevante studier:** Ut fra denne fordelingen er ulykkesmodeller kun tatt med i analysene under følgende forutsetninger:

- Alle resultater for **tofeltsveger** er tatt med
- **Motorveger** (flerfeltsveger med midtdeler / -rekkverk og planskilte kryss) er med noen unntak *ikke* tatt med
- For øvrige veger (uspesifisert vegtype og flerfeltsveger som ikke er motorveg) gjelder følgende kriterier for **trafikkmengden**:
  - Minimum ÅDT over 4000 er *ikke* tatt med
  - Gjennomsnittlig ÅDT over 8000 er *ikke* tatt med.

## 2.3 Analyse

I den grad det er mulig er resultater fra empiriske studier oppsummert med metaanalyse. Det kan være:

- Metaanalyse av oddsforhold, hvor man beregner en sammenlagt effekt fra studier som har sammenlignet ulykker mellom veger med ulike egenskaper direkte (f.eks. to- vs. firefeltsveger).
- Metaanalyse av regresjonskoeffisienter fra ulykkesmodeller, hvor man beregner et vektet gjennomsnitt av regresjonskoeffisienter (jf. Høye & Hesjevoll, 2020).

Metaanalyse forutsetter både at de undersøkte vegegenskapene er sammenlignbare mellom studiene, og at det forelegger tilstrekkelig informasjon for å beregne både effektstørrelser og vektorer.

Ikke alle relevante studier vil kunne la seg oppsummere med metaanalyse, og metaanalyse vil heller ikke kunne fange opp alle relevante sammenhenger. Det gjelder særlig interaksjoner, eller samvirkeeffekter, mellom tverrsnittsvareblene.

Det er derfor også gjort kvalitative oversikter og oppsummeringer av relevante studier, i hovedsak for studier som ikke inngår i metaanalyse. Alle oversiktene er samlet i tabeller i Vedlegg B.

## 3 Resultater

### 3.1 Vegbredde (tofeltsveger)

Økning i bredde på tofeltsveger medfører som regel færre ulykker. Dette gjelder i hovedsak veger med «vanlige» bredder, men ikke nødvendigvis meget brede eller smale veger.

Resultater fra studier som har undersøkt sammenhengen mellom vegbredde (samlet kjørefelt- og skulderbredde) og ulykker på tofeltsveger, er oppsummert i tabell 3. Resultater som gjelder veger med flere enn to kjørefelt er ikke tatt med i oversikten ettersom vegbredden da i stor grad avhenger av bl.a. antall kjørefelt og midtdeler/midtdelerbredde.

Tabell 2: Oversikt over resultatene fra studier av effekten av økt vegbredde.

	<b>Bredere veger</b>
Zegeer et al. 1994 (USA): Ulykkesmodeller	<b>Færre</b> ulykker: -3,4% per 30 cm breddeøkning. <b>Men:</b> De smaleste vegene (5,5m) har 40% færre ulykker enn litt bredere veger (6,1m). Tofeltsveger, ÅDT under 2000.
Manuel et al., 2014 (Canada): Ulykkesmodeller	<b>Færre</b> ulykker ved lav ÅDT (< 4000) <b>Flere</b> ulykker ved høyere ÅDT (> 4000) Bredere veger er «oversized collector roads» (tofeltsveger, bredde > 14 meter )
Kweon et al., 2015 (USA): Ulykkesmodeller	<b>Færre</b> ulykker: -11,3% per 30 cm breddeøkning. Tofeltsveger, ÅDT under 1600.
Wu et al., 2015 (USA): Før-etter med kontroll for forstyrrende variabler og regresjonseffekter	<b>Færre</b> ulykker: -32% (økt kjørefeltbredden, ny vegskulder eller begge deler) Smale tofeltsveger i spredtbygd strøk (5,5 – 6,7 m bredde), gjennomsnittlig ÅDT 1,600 (450-7,400).
Stapleton et al., 2018 (USA): Ulykkesmodeller	<b>Ingen</b> sammenheng. Delvis ikke-asfalterte tofeltsveger, ÅDT<2000 (for det meste <500)
Denne rapport (kap. 4, norske tofeltsveger): Ulykkesmodeller	<b>Færre</b> ulykker: -2,2 % ulykker per 30 cm breddeøkning (alle vegene / ÅDT sett under ett), større nedgang ved høyere trafikkmengder <b>Flere</b> ulykker ved lav trafikkmengde (ÅDT < 1500) Norske tofeltsveger med kjørefeltbredder ≥2,5 meter.

De fleste studiene viser at bredere tofeltsveger i gjennomsnitt har færre ulykker enn smalere tofeltsveger. Denne sammenhengen gjelder i hovedsak veger med «vanlige» bredder. Den gjelder ikke nødvendigvis svært brede veger (som i én studie har vist seg å ha flere ulykker enn andre veger; Manuel et al., 20014) eller meget smale, lavt trafikkerte og ikke-asfalterte veger (Zegeer et al., 1994; Stapleton et al., 2018).

Studiene som har undersøkt sammenhengen mellom kjørefelt- og skulderbredde (se avsnittene under), viser også for det meste at økende bredde medfører færre ulykker. Dermed kan man forvente at også økt samlet bedde vil medføre færre ulykker.

## 3.2 Kjørefeltbredde

De fleste studiene viser at **økning i kjørefeltbredde** medfører **færre ulykker**. Blant disse er også den eneste før-etter studien som er funnet. Noen studier viser imidlertid at økning i kjørefeltbredde medfører flere ulykker, eller at det er ikke-signifikante eller ikke-monotone sammenhenger mellom kjørefeltbredde og ulykker.

Resultatene tyder på at effektene av økt kjørefeltbredde er mest positive for trafikksikkerheten ved **høy trafikkmengde**. På norske tofeltsveger innebærer dette at økning i kjørefeltbredde medfører en nedgang av antall ulykker ved trafikkmengder over ÅDT 1500, men økende antall ulykker ved lavere trafikkmengde.

De aller fleste studiene gjelder ulykker på tofeltsveger i spredtbygd strøk. Det har ikke vært mulig å undersøke eventuelle forskjeller mellom ulike vegtyper. Når det gjelder forskjeller mellom ulike ulykkestyper eller ulike skadegrader i ulykkene, spriker resultatene og det er ikke mulig å trekke noen konklusjoner.

Dette kapitlet oppsummerer resultater fra studier som har undersøkt sammenhengen mellom kjørefeltbredde og antall ulykker, i hovedsak på tofeltsveger, men også resultater for veier med flere enn to kjørefelt er tatt med dersom trafikkmengden ligger innenfor kriteriene som er beskrevet i avsnitt 2.2.3.

Mange av studiene har kontrollert statistisk for skulder- eller vegbredde, men de har ikke tatt hensyn til eventuelle *interaksjonseffekter* mellom kjørefeltbredde og skulderbredde eller vegbredde. Resultater fra slike studier sier noe om hvordan antall ulykker endrer seg (i gjennomsnitt) når kjørefeltbredden endrer seg. De sier ikke noe om hvordan antall ulykker henger sammen med den eksisterende vegbreddens fordeling på kjørefelt og skuldre. Studier som har undersøkt fordelingen av eksisterende vegbredde på kjørefelt og skuldre er oppsummert i avsnitt 3.4.

### Gjennomsnittlige effekter av økt kjørefeltbredde

En økning av kjørefeltbredden medfører i de fleste studiene **færre ulykker**. De aller fleste studiene gjelder ulykker på tofeltsveger i spredtbygd strøk. Noen studier finner imidlertid det motsatte, mens andre studier finner ingen eller ikke-monotone sammenhenger mellom kjørefeltbredde og antall ulykker.

De følgende studiene har undersøkt sammenhengen mellom kjørefeltbredde og antall ulykker:

- Zegeer et al., 1994 (USA)
- Vogt & Bared, 1998 (USA)
- Council & Steward, 1999 (USA)
- Harwood et al., 2000 (USA)
- Fitzpatrick et al., 2005 (USA)
- Bonneson et al., 2006 (USA)
- Lord & Bonneson, 2006 (USA)
- Gross & Jovanis, 2007 (USA)
- Potts et al., 2007 (USA)
- Tarko, Inerowicz, Ramos, & Li, 2008 (USA)
- Rengarasu et al., 2009 (Japan)



Geedipally et al., 2010 (USA)  
Tegge et al., 2010 (USA)  
Yanmaz-Tuzel & Ozbay, 2010 (USA)  
Avelar & Dixon, 2011 (USA)  
Brimley, Saito & Schultz, 2012 (USA)  
Zeng & Schrock, 2012 (USA)  
Mehta & Lou, 2013 (USA)  
Abdel-Aty et al., 2014 (USA)  
Vangala et al., 2014 (USA)  
Park & Abdel-Aty, 2015 (USA)  
Gooch et al., 2016 (USA)  
Shankar et al., 2016 (USA)  
Shaon & Qin, 2016 (USA)  
Jensen, 2017 (Danmark)  
Lord & Bonneson, 2017 (USA)  
Martz, 2017 (USA)  
Rahman et al., 2018 (USA)  
Stapleton et al., 2018 (USA)  
Zou et al., 2018 (USA)  
AASHTO, 2019 (USA)  
Pokorny et al., 2020 (Norway)

Kun en av studiene er en før-etter studie (Yanmaz-Tuzel & Ozbay, 2010). I denne studien ble det funnet en ulykkesreduksjon på 28% på «urban arterial roads» med to kjørefelt og fartsgrenser under 45 mph (72 km/t) etter utvidelsen av kjørefeltbredden. Det er kontrollert for en rekke andre faktorer, men ikke for regresjonseffekter, dvs. at ulykkesreduksjonen kan være overestimert.

De øvrige studiene er tverrsnittsstudier og de fleste av disse har utviklet ulykkesmodeller med kjørefeltbredde blant prediktorvariablene. De fleste har statistisk kontrollert for skulderbredde.

Å beregne gjennomsnittlige effekter av endret kjørefeltbredde basert på disse studiene er problematisk, fordi en rekke studier kun har oppgitt koeffisienter for statistisk signifikante resultater, noe som vil føre til systematiske skjevheter i de sammenlagte resultatene.

Av til sammen 35 resultater fra 31 studier viser:

- 54% (19 resultater) at bredere kjørefelt medfører færre ulykker
- 23% (8 resultater) at bredere kjørefelt medfører flere ulykker
- 23% (8 resultater) at det er ikke-signifikante eller ikke-monotone sammenhenger mellom kjørefeltbredde og ulykker.

Dette kan man tolke slik at bredere kjørefelt som regel medfører færre ulykker, men at det finnes veger hvor det er omvendt.

I tillegg kommer et ukjent antall studier hvor sammenhengen mellom kjørefeltbredde og antall ulykker ikke er rapportert fordi det ikke ble funnet noen sammenheng (og ikke-signifikante koeffisienter er utelatt fra ulykkesmodellene).

Studier som har funnet **ikke-monotone sammenhenger** har, i motsetning til de aller fleste andre studiene, benyttet dummyvariabler for ulike kjørefeltbredder i ulykkesmodellene. Disse studiene har funnet svært forskjellige sammenhenger mellom kjørefeltbredde og antall ulykker. Noen resultater tyder på at det finnes én «optimal» kjørefeltbredde (f.eks. ved 3,75 meter i studien til Jensen, 2017), andre tyder på at antall ulykker er lavest på

de smaleste og de bredeste kjørefeltene (f.eks. Lee et al., 2015; Pokorny et al., 2020), mens andre har funnet mønstre som ikke lar seg tolke på noen logisk måte. En mulig forklaring er at studiene har kombinert data fra vegger som er forskjellige mht. ÅDT eller andre relevante moderatorvariabler.

På norske tofeltsveger (se kapittel 4) ble det funnet en gjennomsnittlig økning av antall ulykker på 2,8% per 30 cm økning av kjørefeltbredden, men denne effekten er ikke statistisk signifikant og varierer med trafikkmengden (se nedenfor, avsnitt Trafikkmengde). Harwood (2003) viser at antall ulykker som regel øker, især i kryss, når man reduserer kjørefeltbredden for å øke antall kjørefelt.

## Ulykkestyper

Hvorvidt sammenhengen mellom kjørefeltbredde og antall ulykker er forskjellig mellom ulike ulykkestyper, spriker mellom studiene.

To av studiene som er oppsummert ovenfor har undersøkt sammenhengen mellom kjørefeltbredde og ulike ulykkestyper. Den ene studien (Shankar et al., 2016) viser at økende kjørefeltbredde medfører en økning av det totale antall ulykker og av antall flerpartsulykker, mens antall eneulykker går ned. Den andre studien (Park & Abdel-Aty, 2015) viser også at økning i kjørefeltbredde medfører en økning av det totale antall ulykker, men i denne studien er økningen større for antall eneulykker enn for det totale antall ulykker.

## Ulykkenes alvorlighet

Hvorvidt kjørefeltbredden påvirker skadegraden i ulykker spriker mellom studiene.

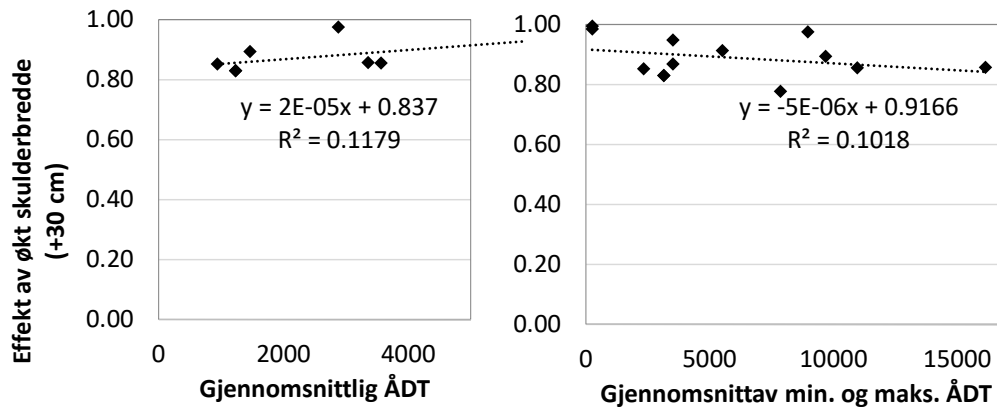
Resultatene fra studier som har rapportert resultater for ulike skadegrader i ulykkene spriker. To studier fant ingen systematiske forskjeller mellom ulykker med uspesifisert skadegrad og personskaeulykker (Martz, 2017; Park & Abdel-Aty; 2015), mens én studie viser at økning i kjørefeltbredde medfører en større nedgang av antall personskaeulykker enn materiellskadeulykker (Tarko, Inerowicz et al., 2008). Haghghi et al. (2018) viser at ulykker på vegger med en kjørefeltbredde på 3 meter i gjennomsnitt er mer alvorlige enn ulykker på vegger med bredere kjørefelt.

## Trafikkmengde

De fleste resultatene tyder på at økning i kjørefeltbredde medfører (større) ulykkesreduksjoner ved høyere trafikkmengde og ingen eller mindre ulykkesreduksjoner ved lavere trafikkmengde. På norske tofeltsveger medfører økning i kjørefeltbredde en nedgang av antall ulykker ved trafikkmengder over 2300, men økende antall ulykker ved lavere trafikkmengde.

Figur 1 viser sammenhengen mellom estimerte effekter av økt kjørefeltbredde og trafikkmengde i multivariate studier. Alle resultatene i figuren gjelder effekten på det totale antall ulykker på tofeltsveger (1: uendret antall; under 1: nedgang av antall ulykker). Siden ikke alle studiene har oppgitt gjennomsnittlig trafikkmengde, vises også sammenhengen for gjennomsnittet av høyest og lavest trafikkmengde i studien. At figuren ikke viser resultater

for økt antall ulykker (relativt antall ulykker over én) skyldes at ingen av studiene på tofeltsveger som har funnet økt antall ulykker, har oppgitt trafikkmengden.



Figur 1: Effekter av økt kjørefeltbredde (+30 cm) på det totale antall ulykker på tofeltsveger som er estimert i multivariate studier, etter trafikkmengde (venstre: gjennomsnittlig ÅDT; høyre: gjennomsnitt av minste og største ÅDT i studien).

Det er kun relativt svake sammenhenger mellom trafikkmengde og de estimerte effektene av økt kjørefeltbredde, og sammenhengen har ulike fortegn avhengig av om man benytter gjennomsnittlig trafikkmengde eller gjennomsnittet av minst og høyeste ÅDT i hver av studiene.

Resultater fra studier som har rapportert sammenhenger mellom kjørefeltbredde og antall ulykker for både lavere og høyere trafikkmengde på ellers sammenlignbare veger, viser følgende:

- Fire studier viser at økning i kjørefeltbredde medfører **større ulykkesreduksjoner** ved **høyere trafikkmengde** (AASHTO, 2019; Bonneson et al., 2006; Harwood et al., 2000; Rahman et al., 2017). Med «høyere trafikkmengde» menes ÅDT over 2000 i to studier og ÅDT over 7500 / 8000 i de to andre studiene.
- Én studie har funnet det **motsatte**, den viser at økende kjørefeltbredde medfører ulykkesreduksjoner ved trafikkmengder under ÅDT 7500, men ikke ved høyere trafikkmengde (Martz et al., 2017). Forskjellen i sammenhengen mellom kjørefeltbredde og ulykker er relativt liten mellom veger med lav trafikkmengde og alle veger, man kan derfor anta at det også ved høyere trafikkmengde ble funnet en sammenheng mellom økning i kjørefeltbredde og synkende ulykkestall.

Analysen av ulykker på norske tofeltsveger (se kapittel 4) viser at økning i kjørefeltbredde medfører

- En **nedgang** i antall ulykker ved trafikkmengder **over 2300** (-11% / -27% per 30 cm økning av kjørefeltbredde ved ÅDT 4000 / 10.000)
- En **økning** i antall ulykker ved trafikkmengder på **under 2300** (+39% per 30 cm økning av kjørefeltbredde ved ÅDT 500).

## To- vs. flerfeltsveger

Det har ikke vært mulig å sammenligne effekten av økning kjørefeltbredde mellom ulike vegtyper (to- vs. flerfeltsveger).

### 3.3 Vegskuldre

Empiriske studier viser at bredere skuldre medfører færre ulykker enn smalere skuldre og at asfalterte skuldre medfører færre ulykker enn ikke-asfalterte skuldre. Dette er konsistent i et stort antall studier. Resultatene viser videre at skulderbredde har større effekt ved høyere trafikkmengde og i kurver.

#### 3.3.1 Skulderbredde

Veger med bredere skuldre har, hvis alt annet er likt, færre ulykker enn veger med smalere skuldre. I gjennomsnitt medfører en økning av skulderbredden på 0,3 meter en ulykkesnedgang på 3,7% (-4,2% på tofeltsveger og -2,0% på flerfeltsveger). Effekten av å øke skulderbredden er:

- Større ved **høyere trafikkmengde** enn ved lavere trafikkmengde (gjelder tofeltsveger)
- Større for **eneulykker** enn for flerpartsulykker
- Større i **kurver** enn på rette strekninger.
- Liten eller fraværende når skuldrene allerede er brede (omtrent kjørefeltbredde).

Dette kapitlet oppsummerer resultater fra studier som har undersøkt sammenhengen mellom skulderbredde og antall ulykker, i hovedsak på tofeltsveger, men også resultater for veger med flere enn to kjørefelt er tatt med dersom trafikkmengden ligger innenfor kriteriene som er beskrevet i avsnitt 2.2.3.

Mange av studiene har statistisk kontrollert for kjørefelt- eller vegbredde, men de har ikke tatt hensyn til eventuelle *interaksjonseffekter* mellom skulderbredde og kjørefelt- eller vegbredde. Resultater fra slike studier sier noe om hvordan antall ulykker endrer seg (i gjennomsnitt) når skulderbredden endrer seg. De sier ikke noe om hvordan antall ulykker henger sammen med den eksisterende vegbreddens fordeling på kjørefelt og skuldre. Studier som har undersøkt fordelingen av eksisterende vegbredde på kjørefelt og skuldre, er oppsummert i kapittel 3.4.

#### Gjennomsnittlige effekter av økt skulderbredde

En økning av skulderbredden medfører færre ulykker. Dette er et konsistent funn i praktisk talt alle studiene, uavhengig av forskningsmetode. Den gjennomsnittlige ulykkesnedgangen per 30 cm økning av skulderbredde er på 3,7%. Den er større på tofeltsveger (-4,2%) enn på flerfeltsveger (-2,0%). Hvorvidt disse resultatene er generaliserbare er usikkert, da noen ikke-signifikante sammenhenger ikke er rapportert. På norske tofeltsveger er den gjennomsnittlige ulykkesnedgangen per 30 cm økning av skulderbredden på 2,8%.

Det er funnet en rekke studier hvor skulderbredde (i ft. eller meter) er blant prediktorene i ulykkesmodeller:

- Vogt & Bared, 1998 (USA)
- Wang et al., 1998 (USA)
- Council & Steward, 1999 (USA)
- Harwood et al., 2000 (USA)
- Fitzpatrick et al., 2005 (USA)
- Bonneson et al., 2006 (USA)
- Lord & Bonneson, 2006 (USA)

Gross & Jovanis, 2007 (USA)  
Tarko, Inerowicz, Ramos, & Li, 2008 (USA)  
Donnell et al., 2009 (USA)  
Rengarasu et al., 2009 (Japan)  
Geedipally et al., 2010 (USA)  
Tegge et al., 2010 (USA)  
Abdel-Rahim & Khan, 2012 (USA)  
Brimley, Saito & Schultz, 2012 (USA)  
Khan, Bill, Chitturi & Noyce, 2012 (USA)  
Park, Carlson, Porter, & Andersen, 2012 (USA)  
Park, Fitzpatrick, & Brewer, 2012 (USA)  
Peng et al., 2012 (USA)  
Mehta & Lou, 2013 (USA)  
Vangala et al., 2014 (USA)  
Gooch et al., 2016 (USA)  
Lord & Bonneson, 2017 (USA)  
Martz, 2017 (USA)  
Zou et al., 2018 (USA)

I tillegg har de følgende tre studiene utviklet ulykkesmodeller for motorveger (med høyere trafikkmengde enn beskrevet i avsnitt 2.2.3):

Haleem et al., 2013 (USA)  
Lu et al., 2013 (USA)  
Park et al., 2016 (USA).

Alle resultatene viser at bredere skuldre henger sammen med færre ulykker. Den (uvektede) gjennomsnittlige effekten av en økning av skulderbredden på 30 cm er en nedgang i antall ulykker på 3,7% (-4,2% på tofeltsveger og -2,0% på flerfeltsveger (inklusive motorveger; se nedenfor under Type veg)).

På norske tofeltsveger (se kapittel 4) ble det funnet en gjennomsnittlig nedgang av antall ulykker på 2,8% per 30 cm økning av skulderbredden.

Studien til Jensen (2017) tyder på at antall ulykker kan reduseres ytterligere med en ytre skulder (ikke-asfaltert skulder utenfor den asfalterte vegbanen). I studien til Jensen (2017) er det i gjennomsnitt 11% færre ulykker på veger med en 2 meter bred ytre skulder enn på veger uten slik skulder.

## Opprinnelig skulderbredde

På veger hvor skuldrene er omtrent like brede som vanlige kjørefelt, har ytterligere økning av skulderbredden ingen eller liten effekt, og installering av rumlestriper har trolig større effekt. Når skuldrene i utgangspunktet er smalere, kan en økning av skulderbredden medføre ulykkesreduksjoner. Det foreligger for få studier til å si noe mer nøyaktig om hvordan denne effekten varierer med den opprinnelige skulderbredden.

Dette avsnittet oppsummerer funn fra studier som har undersøkt effekten av å øke skulderbredden for ulike opprinnelige skulderbredder eller sammenhengen mellom kategorier av skulderbredde og antall ulykker.

To studier viser at effekten er størst når skuldrene i utgangspunktet er smale (Park, Abdel-Aty & Lee, 2014; Park & Abdel-Aty, 2015). Disse studiene er basert på litteraturstudier og

modellberegninger. De viser i tillegg at det på veger som allerede har brede skuldre, er mer effektivt å installere rumlestriper enn å utvide skulderbredden ytterligere. Dette gjelder fra en skulderbredde på 2,4 meter på flerfeltsveger og fra en skulderbredde på 3 meter på tofeltsveger (dvs. fra skuldre som er omtrent like brede som vanlige kjørefelt).

I studiene til Gross og Jovanis (2007) og Jensen (2017) inngår skulderbredde på opptil ca. 3 meter. De har benyttet dummyvariabler for ulike skulderbredder som prediktorer i ulykkesmodeller. Resultatene tyder ikke på at effekten av å øke skulderbredden avtar med økende opprinnelig skulderbredde.

Sakshaug et al. (2004) konkluderer, basert på en litteraturstudie, at økende skulderbredde kan redusere antall ulykker opptil en skulderbredde på omtrent 2 meter, men ikke utover dette.

## Ulykkestyper

Skulderbredde har sterkere sammenheng med antall eneulykker enn med antall flerpartsulykker.

Resultater fra multivariate studier viser i gjennomsnitt at økt skulderbredde har større effekt på eneulykker enn når man ser på alle ulykkene under ett.

For tofeltsveger har tre studier i gjennomsnitt funnet en nedgang av antall eneulykker på 12,3% for hver økning av skulderbredden på 30 cm, mens den gjennomsnittlige effekten for alle ulykker er en nedgang på 4,2%. En studie, som ikke er tatt med i beregningen av de gjennomsnittlige effektene (Khan et al., 2015,) har også funnet en meget stor effekt for antall utforkjøringsulykker (-78% for skulderbredder over 1,5 meter vs. under 0,6 meter).

En annen studie, som heller ikke inngår i beregningen av de gjennomsnittlige effektene (Ivan et al., 2000), har derimot funnet at antall eneulykker *øker* med økende skulderbredde, mens antall flerpartsulykker ikke har noen statistisk signifikant sammenheng med skulderbredde. Ivan et al. (2000) betegner resultatet for eneulykker som at koeffisienten har «the wrong sign», uten at det finnes noe som kan forklare resultatet.

To studier har undersøkt sammenhengen mellom skulderbredde og ulike ulykkestyper på motorveger (Islam et al., 2014; Park, Abdel-Aty & Lee, 2016). Begge viser at økende skulderbredde medfører større reduksjoner av antall eneulykker enn av antall flerpartsulykker. I studien til Park et al. (2016) medfører en økning av skulderbredden på 30 cm i gjennomsnitt en nedgang av antall utforkjøringsulykker på 9% og en nedgang av det totale antall ulykker på 4%.

En sterkere sammenheng mellom skulderbredde og antall eneulykker (vs. flerpartsulykker) er konsistent med funnet at skulderbredde har sterkere sammenheng med ulykker i kurver enn med ulykker på rette strekninger (se etterfølgende avsnitt).

En mulig forklaring på at økning i skulderbredde har en større effekt på eneulykker enn på andre ulykker, er at de fleste eneulykker er utforkjøringer; en bredere skulder kan gi føreren større mulighet til å holde bilen på vegen. Flerpartsulykker kan imidlertid også være direkte påvirket av skulderbredden. Dette gjelder især møteulykker, hvor bredere skuldre gjør det lettere å gi plass til et møtende kjøretøy som har kommet over i det egne kjørefeltet. Andre flerpartsulykker kan derimot i mindre grad tenkes å være påvirket av skulderbredden, især påkjøring bakfra og ulykker med kryssende kjøreretninger.

## Ulykkenes alvorlighet

Hvorvidt bredere skuldre påvirker skadegraden i ulykker, er uklart. Brede skuldre (over 1,8 meter) *kan* medføre høyere skadegrad som følge av høyere fart.

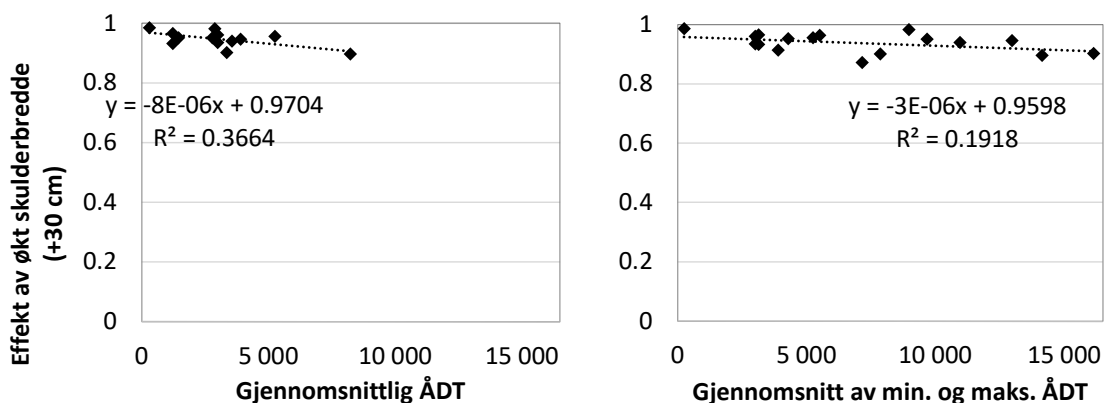
Resultater fra studier som har undersøkt sammenhengen mellom skulderbredde og ulykker med ulike alvorlighetsgrader, spriker. Noen studier har ikke funnet noen forskjeller mellom ulykker med og uten personskade (Boodlal et al., 2015; Martz, 2017), to studier fant en større effekt for ulykker med enn uten personskade (Tarko, Inerowicz, Ramos & Li, 2008; Zeng & Schrock, 2012) og en annen studie fant en større effekt for ulykker uten enn med personskade (Gooch et al., 2016).

I studien til Haghghi et al. (2018) er ulykker på vegger med brede skuldre (1,8-3,7 meter) i gjennomsnitt mer alvorlige enn på vegger med smalere skuldre, noe som forfatterne forklarer med at farten på vegger med smale skuldre ofte er lavere (gjennomsnittlig ÅDT på 1600 [mellom 400 og 15000]).

## Trafikkmengde

På tofeltsveger er sammenhengen mellom skulderbredde og antall ulykker større ved høyere trafikkmengde.

Figur 2 viser sammenhengen mellom trafikkmengde og estimerte effekter av økt skulderbredde i studier som er basert på ulykkesmodeller. Siden ikke alle studiene har oppgitt gjennomsnittlig trafikkmengde, vises også sammenhengen for gjennomsnittet av høyest og lavest trafikkmengde i studien. Fra tre studier foreligger ingen informasjon om trafikkmengden og disse er ikke tatt med i figuren. Alle resultatene i figuren gjelder alle ulykker på tofeltsveger.



Figur 2: Effekter av økt skulderbredde (+30 cm) på det totale antall ulykker på tofeltsveger som er estimert i studier basert på ulykkesmodeller, etter trafikkmengde (venstre: gjennomsnittlig ÅDT; høyre: gjennomsnitt av minste og største ÅDT i studien).

Resultatene i figur 2 viser at effekten av å øke skulderbredden er større ved høyere trafikkmengde. Dette gjelder kun tofeltsveger, dvs. at resultatet ikke står i motsetning til funnet at effekten er mindre på flerfeltsveger (som i gjennomsnitt har høyere trafikkmengde enn tofeltsveger).

Også studier som har sammenlignet vegger med ulik trafikkmengde direkte, viser at sammenhengen mellom skulderbredde og antall ulykker er større ved høyere trafikkmengde

(Bonneson et al., 2006; Harwood et al., 2000; Peng et al., 2012). Med «høyere trafikk-mengde» menes i disse studiene trafikkmengder over ÅDT 2000 (Bonneson og Harwood) eller 3500 (Peng).

Også analysen av ulykker på norske tofeltsveger (se kapittel 4) viser at effekten av økende skulderbredde er større ved høyere trafikkmengder ( $\text{ÅDT} > 2000$ ) og mindre eller rundt null ved lavere trafikkmengder.

Én studie har funnet en mindre sammenheng ved trafikkmengder på over ÅDT 7500, men forskjellen er liten (Martz et al., 2017).

## Type veg

De fleste resultatene tyder på at økning i skulderbredde medfører større ulykkesreduksjoner på tofeltsveger enn på flerfeltsveger (inklusive motorveger), men resultatene kan ikke uten videre generaliseres.

**To- vs. flerfeltsveger:** Den (uvektede) gjennomsnittlige effekten av en økning av skulderbredden på 30 cm er en nedgang av antall ulykker på 4,2% på tofeltsveger og på 2,0% på flerfeltsveger (inklusive motorveger). Det er ikke beregnet vektete gjennomsnittlige effekter eller konfidensintervaller, da en stor andel av studien ikke har oppgitt nødvendig informasjon for å beregne vekter.

Resultatene kan ikke nødvendigvis generaliseres. Utvalget av studier som har rapportert resultater kan være skjevt, da noen studier kun har rapportert resultater som er statistisk signifikante. I tillegg er skulderbreddene som er representert for ulike vegtyper ikke sammenlignbare. Motorveger har ofte skuldre som er (nesten) like brede som vanlige kjørefelt og variasjonen i skulderbreddene kan være ulik mellom studiene.

To studier har med lignende metoder undersøkt effekten av å øke skulderbredden i **før-etter** studier (Park, Abdel-Aty, & Lee, 2014: Flerfeltsveger; Park & Abdel-Aty, 2015: Tofeltsveger). I motsetning til resultatene over, er det funnet større effekter av å øke skulderbredden på flerfeltsveger enn på tofeltsveger. Det er imidlertid ikke spesifisert hvor mye skulderbredden ble økt og det er følgelig ikke mulig å trekke noen konklusjoner om hvorvidt effekten av samme breddeøkning er større eller mindre avhengig av antall kjørefelt.

**Veger med vs. uten midtdeler/midtrekkverk:** Stamatiadis et al. (2009) har undersøkt sammenhengen mellom skulderbredde og antall ulykker på veger med vs. uten midtdeler/midtrekkverk. Resultatene viser at en økning av skulderbredden på 30 cm i gjennomsnitt medfører en nesten like stor ulykkesreduksjon på veger med (-5%) som på veger uten midtdeler/midtrekkverk (-6%). Dette gjelder firefeltsveger i spredtbygd strøk (ikke motorveger).

## Kurver vs. rette strekninger

Skulderbredde har sterkere sammenheng med ulykker i kurver enn med ulykker på rette strekninger.

Saleem & Persaud (2017) har i ulykkesmodeller funnet en sammenheng mellom økning i skulderbredde og færre ulykker i kurver. På rette strekninger ble det ikke funnet noen sammenheng mellom skulderbredde og antall ulykker. Dette er basert på en studie av ulykker på tofeltsveger i spredtbygd strøk med en gjennomsnittlig ÅDT på 2200 (200-25000) og en gjennomsnittlig skulderbredde på 1,3 meter (0,3-3,8 meter). Det er ikke



kontrollert for kjørefeltbredde og det er følgelig mulig at kjørefeltbredden også bidrar til resultatene (dersom kjørefelt- og skulderbrede er korrelert).

Peng et al. (2012) viser også at økning i skulderbredden medfører en større nedgang av antall utforkjøringsulykker i kurver enn på strekninger. Gjennomsnittlige effekter per 30 cm. økning av skulderbredde er -19% utforkjøringer i kurver og -12% utforkjøringer på rette strekninger.

### 3.3.2 Type vegskulder

Veger med asfalterte skuldre har færre ulykker enn veger med andre typer vegskuldre.

De følgende studiene har undersøkt sammenhengen mellom type vegskulder og ulykker:

Harwood et al., 2000 (USA): Ulykkesmodell (crash modification factors)

Ogden, 1997 (Australia): Før-etter

Rusli et al., 2017 (Malaysia): Tverrsnittstudie

Zegeer et al., 1994 (USA): Tverrsnittstudie

Zeng & Schrock, 2012 (USA): Før-etter

Alle studiene er gjort på tofeltsveger i spredtbygde strøk med relativt lave trafikkmengder.

Resultatene viser at veger med asfalterte skuldre har færre ulykker enn veger med andre typer vegskuldre, men hvor stor effekten er varierer mellom studiene (tabell 4). Harwood et al. (2000) anslår effekten til mellom en og tre prosent, basert på vurderinger av ulike andre studier. Zeng & Schrock (2012) har funnet en langt større ulykkesreduksjon (-14% for alle ulykker og -31% for personskadeulykker) i en metodisk solid før-etter studie. Ogden (1997) har funnet en enda større ulykkesreduksjon, men denne studien har ikke kontrollert for regresjonseffekter.

Resultatene viser at virkningen av asfalterte (vs. andre) skuldre er større for bredere enn for smalere skuldre (Harwood et al., 2000). Resultatene viser videre at effekten er større for personskadeulykker enn når man ser på alle ulykkene under ett (Zeng & Schrock, 2012).

Tabell 3: Oversikt over studier av virkningen av type vegskulder på ulykker.

	Studie	Trafikkmengde	Ulykkestype	Skulderbredde	Virkning på ulykker (asfaltert vs. annen)
Harwood et al., 2000 (USA)	Ulike studier	Lav	Skulderrelaterte ulykker	1 m	-1%
				3 m	-3%
Ogden, 1997 (Australia)	Før-etter	Uspes.	Alle ulykker	0,6 - 0,8 m	-43% (-66; -4)
Rusli et al., 2017 (Malaysia)	Tverrsnitt	1680 (300-5700)	Eneulykker	Uspes.	Ikke spesifisert
Zegeer et al., 1994 (USA)	Tverrsnitt	< 2000	Alle ulykker	Uspes.	Ikke-signifikant
Zeng & Schrock, 2012 (USA)	Før-etter EB <sup>1</sup>	980 (380 – 2340)	Personskade	< 1,5 m	-31% (-53; +2)
			Alle ulykker	< 1,5 m	-14% (-35; +14)

<sup>1</sup> De fleste ulykker (eneulykker, flerpartsulykker i samme kjøreretning, møteulykker).

<sup>2</sup> Empirisk Bayes, dvs. at det er kontrollert for regresjonseffekter og andre forstyrrende variabler.

### 3.4 Kjørefelt og skulderbredde – kombinerte effekter

Dette avsnittet oppsummerer studier som kan gi svar på hvordan fordelingen av eksisterende vegbredde på kjørefelt- og skulderbredde påvirker antall ulykker. Dette er studier som direkte har sammenlignet veger med samme bredde, men ulike kjørefelt- og skulderbredder, samt studier som har undersøkt effekten av kjørefelt- og skulderbredde i samme ulykkesmodell og hvor det følgelig er mulig å sammenligne effekten av økende kjørefelt- og skulderbredde direkte.

#### Effekt av økende kjørefeltbredde ved uendret vegbredde

Blant studiene som har undersøkt hvordan fordelingen av en gitt vegbredde på kjørefelt og skuldre henger sammen med antall ulykker, viser de fleste at **bredere kjørefelt** (og dermed smalere skuldre) under de fleste forhold medfører **flere ulykker**. Det motsatte, dvs. at bredere kjørefelt medfører **færre ulykker**, ble i noen studier funnet under spesifikke forutsetninger (lav/høy ÅDT eller smal/bred veg), men det er ingen systematikk i disse forutsetningene. I tillegg er det tre studier som **ikke** har funnet **noen sammenheng** mellom kjørefeltbredde og antall ulykker ved uendret vegbredde. **Ingen** studier viser at bredere kjørefelt ved uendret vegbredde generelt medfører færre ulykker.

Studier som har undersøkt sammenhengen mellom kjørefelt-/skulderbredde og antall ulykker ved uendret vegbredde (samlet kjørefelt- og skulderbredde) eller som oppgir tilstrekkelig informasjon for å gjøre slike sammenligninger, er oppsummert i tabell 5. For alle studiene viser tabellen hvordan bredere kjørefelt (og følgelig smalere skuldre) påvirker antall ulykker når vegbredden er uendret (eller nesten uendret).

Tabell 4: Oversikt over resultatene fra studier av effekten av økt kjørefeltbredde (og redusert skulderbredde) ved (omtrent) uendret vegbredde.

Breder kjørefelt og smalere skuldre (ca. samme vegbredde)	
<b>Carlsson &amp; Lundkvist, 1992 (Sverige): Før-etter studie</b>	Færre ulykker (små og ikke stat. sign. effekt) Før-etterstudie på «motortrafikkled»; evaluerte tiltak: Økt kjørefeltbredde (fra 3,75 til 5,5 meter), redusert skulderbredde (fra 2,75 til 1,00 meter) og installering av profilert vegoppmerking.
<b>Boodlal et al., 2015 (USA): Ulykkesmodell (med interaksjonseffekt)</b>	Smale vegger (< 7,5 m): <b>Færre</b> ulykker totalt; <b>flere</b> personskadeulykker Middels vegbredde (7,5-9 m): Uklar sammenheng <b>Brede vegger</b> (> 9 m): <b>Flere</b> ulykker (totalt og personskadeulykker) Resultatene (relative antall ulykker med kontroll for ÅDT; søylene viser kjørefeltbredde, mørkere søyler = bredere kjørefelt):
<b>DeLuca, 1986 (USA): Før-etter studie</b>	Ingen effekt Før-etter studie med kontrollgruppe på motorveger (6-8 kjørefelt). Evaluerte tiltak: Redusert kjørefeltbredde (fra 3,66 til 3,35 meter), økt skulderbredde (fra 0,91 til 2,13 meter).
<b>Gross et al., 2009 (USA): Tverrsnittstudie 1 (matched case control)</b>	Ingen effekt (ÅDT 100-11000) (totalt sett medfører økende kjørefeltbredde færre ulykker, men innenfor vegbreddekategoriene er sammenhengen uklar) Vegene er tofeltsveger i spredtbygd strøk, ÅDT 200-11000.
<b>Gross et al., 2009 (USA): Tverrsnittstudie 2 (matched case control)</b>	<b>Lav ÅDT</b> (< 1000): <b>Flere</b> ulykker <b>Høy ÅDT</b> (> 1000): <b>Færre</b> ulykker Vegene er tofeltsveger i spredtbygd strøk, ÅDT 100-2500; kjørefeltbredder 2,74-3,66m; skulderbredder 0-0,92m.

Tabell 5 (forts.)

Breder kjørefelt og smalere skuldre (ca. samme vegbredde)	
<p><b>Norske tofeltsveger (kapittel 4):</b>  <b>Tverrsnittstudie (ulykkesmodell med interaksjonseffekt)</b></p>	<p><b>Smale vegger</b> (&lt; 7 meter): <b>Flere</b> ulykker  <b>Brede vegger</b> (&gt; 7 meter): <b>Færre</b> ulykker (men: inkonsistente resultater)</p> <p>ÅDT gjennomsnitt for alle vegger: 1700. Figuren viser resultater fra ulykkesmodell med interaksjonseffekt mellom kjørefelt- og vegbredde (søylene viser ulike kjørefeltbredder); ulykkesmodeller som er beregnet separat for grupper av vegbredder, viser økende antall ulykker med økende kjørefeltbredde i de fleste vegbreddekategoriene.</p>
<p><b>Sakshaug et al., 2004 (Norge):</b>  <b>Før-etter studie</b></p>	<p><b>Uendret antall / flere</b> ulykker (flere utforkjøring og færre møteulykker)</p> <p>Dette gjelder <u>breder</u> kjørefelt; studien har undersøkt effekten av å øke skulderbredden på bekostning av kjørefeltbredden og viser at det totale antall ulykker var uendret eller gikk ned etter at kjørefeltbredden ble redusert, mens antall møteulykker økte.</p> <p><b>Sideplassering og fart:</b> Økning av skulderbredde førte til kortere avstander til midtlinjen/midten av vegen, både med og uten møtende trafikk; farten gikk for det meste ned.</p>
<p><b>Shaon &amp; Qin, 2016 (USA):</b>  <b>Tverrsnittstudie (ulykkesmodell med interaksjonseffekt)</b></p>	<p><b>Flere</b> ulykker (gjelder de fleste vegbredder)</p> <p>Ulykkesmodeller med interaksjonseffekt mellom kjørefelt- og skulderbredde (alle som dummyvariabler). Vegene er tofeltsveger i spredtbygd strøk; gjennomsnittlig ÅDT 920 (45-21400). Kolonnene viser ulike kjørefeltbredder.</p>
<p><b>Zegeer et al., 1981 (USA):</b>  <b>Tverrsnittstudie</b></p>	<p><b>Smale vegger</b> (5,4 meter): <b>Færre</b> ulykker  <b>Brede vegger</b> (6,0-10,2 meter; de fleste vegene): <b>Flere</b> ulykker</p> <p>Ulykkesrisiko på ulike kombinasjoner av kjørefelt- og skulderbredde. Tofeltsveger i spredtbygd strøk, gjennomsnittlig ÅDT 1100 (0-20000); kjørefeltbredder 2,1-4,0 (mest 2,4-3,4m); skulderbredder 0-3,7 meter.</p>
<p><b>Zegeer et al., 1994 (USA):</b>  <b>Tverrsnittstudie</b></p>	<p><b>Flere</b> ulykker (alle vegger: ÅDT &lt; 2000)</p> <p><b>Lavest ÅDT:</b> Størst forskjell</p> <p>Gjelder «Brede kjørefelt + smale skuldre vs. omvendt»; ikke nødvendigvis samme vegbredde. Tofeltsveger i spredtbygd strøk, ÅDT under 2000; kjørefeltbredder 2,6-3,7 meter</p>

De fleste studiene viser at **breder kjørefelt** (og smalere skuldre ved uendret vegbredde) under de fleste forhold medfører **flere ulykker**. Dette er også konsistent med resultatene fra norsk studie (Sakshaug, 2001, sitert etter Sakshaug et al., 2004) som viser at skulderbredden hadde større betydning for ulykkesrisikoen enn kjørefeltbredde.

Det motsatte, dvs. at bredere kjørefelt medfører **færre ulykker**, ble i noen studier funnet under spesifikke forutsetninger:

- På veger med en samlet bredde under 7,5 meter (men kun for det totale antall ulykker, ikke for personskaueulykker) av Boodlal et al. (2015)
- På veger med «høy» ÅDT (1000-2500) i studien til Gross et al. (2009)
- På brede veger (> 7 meter) i én av analysene for norske tofeltsveger (kapittel 4)
- På meget smale veger (5,4 meter) i studien til Zegeer et al. (1981).

I tillegg er det tre studier som **ikke** har funnet **noen sammenheng** mellom kjørefeltbredde og antall ulykker ved uendret vegbredde. Dette er to før-etter studiene (Carlsson & Lundkvist, 1992; DeLuca, 1986) og én tverrsnittstudie (Gross et al., 2009).

**Ingen** studier viser at bredere kjørefelt ved uendret vegbredde generelt medfører færre ulykker.

Det er ikke mulig å se noe systematikk i under hvilke forutsetninger det ble funnet hvilken type sammenheng (som for eksempel at sammenhengen er systematisk forskjellig ved høy vs. lav ÅDT).

### Effekter av kjørefelt- og skulderbredde i samme ulykkesmodell

Resultater fra ulykkesmodeller med både kjørefelt- og skulderbredde som prediktor tillater ingen konklusjoner om hvorvidt kjørefelt- eller skulderbredde har større effekt på antall ulykker. I gjennomsnitt medfører økning i både kjørefelt- og skulderbredde færre ulykker.

Flere av ulykkesmodellene som er oppsummert ovenfor, har inkludert både kjørefelt- og skulderbredde blant prediktorene.

- Vogt & Bared, 1998 (USA)
- Harwood et al., 2000 (USA)
- Fitzpatrick et al., 2005 (USA)
- Bonneson et al., 2006 (USA)
- Lord & Bonneson, 2006 (USA)
- Tarko, Inerowicz, Ramos, & Li, 2008 (USA)
- Geedipally et al., 2010 (USA)
- Tegge et al., 2010 (USA)
- Mehta & Lou, 2013 (USA)
- Vangala et al., 2014 (USA)
- Labi et al., 2017 (USA)
- Lord & Bonneson, 2017 (USA)
- Martz, 2017 (USA)
- Zou et al., 2018 (USA)

De aller fleste resultatene gjelder tofeltsveger. I motsetning til resultatene som er presentert i avsnittene over, kan disse betraktes som «matched pairs» da kun resultater fra studier som har rapportert resultater for både kjørefelt- og skulderbredde i samme modell er tatt med.

Det er beregnet uvektede gjennomsnitt av estimerte økninger av kjørefelt- og skulderbredde på 30 cm. I gjennomsnitt medfører begge en nedgang av antall ulykker på omtrent 6%. Resultatene er for heterogene til å gjøre mer detaljerte analyser, f.eks. etter vegtype eller trafikkmengde.

Alt i alt er det ikke mulig å trekke noen konklusjoner om hvorvidt enten kjørefelt- eller skulderbredde har større effekt på antall ulykker.

### 3.5 Antall kjørefelt

Veger med **flere kjørefelt** har som regel **færre ulykker** enn veger med færre kjørefelt, især på veger med høy trafikkmengde. Dette skyldes trolig i stor grad andre forskjeller mellom vegene, bl.a. at flerfeltsveger oftere har (bredere) midtdeler og midtrekkverk, bredere kjørefelt og skuldre, samt færre avkjørsler og kryss enn tofeltsveger.

Firefeltsveger kan ha flere ulykker enn tofeltsveger: Når vegen ikke har midtdeler og høy trafikkmengde, eller når den har smale kjørefelt og skuldre.

**Fra to til fire/seks kjørefelt:** Det er funnet fire før-etter studier som har undersøkt virkningen på antall ulykker av utbygging av tofeltsveger til fire- eller seksfeltsveger med midtdeler:

Yannis et al., 2005 (Hellas)

Ahmed et al., 2015 (USA)

Park, Abdel-Aty, Wang, & Lee, 2015 (USA)

Elvik et al., 2017 (Norge)

Studiene viser gjennomgående store ulykkesreduksjoner (mellom -24% og -75%). Disse kan imidlertid ikke tolkes som en effekt av økningen av antall kjørefelt alene da det samtidig ble etablert midtdeler på vegene.

Studiene viser at forskjellen mellom to- og firefeltsveger er større:

- I tett- enn i spredtbygd strøk (Ahmed et al., 2015)
- Ved høyere enn ved lavere trafikkmengde (Ahmed et al., 2015; gjennomsnittlig trafikkmengde i denne studien var 19.000 i byer og 10.000 på landeveger)
- For mer alvorlige ulykker enn for mindre alvorlige ulykker (Elvik et al., 2017; Park et al., 2015).

Også to multivariate studier som har kontrollert for en rekke andre variabler, viser at flerfeltsveger (med generelt høyere standard) har færre ulykker enn tofeltsveger (Tegge et al., 2010; Rengarasu, 2009). Dette kan tyde på at det ikke bare er den høyere vegstandarden som bidrar til at flerfeltsveger i gjennomsnitt har færre ulykker.

**Med vs. uten midtdeler:** To studier har sammenlignet ulykkestall mellom veger med to kjørefelt og veger med fire kjørefelt, enten med eller uten midtdeler (Council & Stewart, 1999; Gates et al., 2015). For å oppsummere viser studiene at firefeltsveger *med* midtdeler har færre ulykker enn tofeltsveger, mens firefeltsveger *uten* midtdeler kan ha færre ulykker, især ved lav trafikkmengde, men de kan også ha flere ulykker, især ved høy trafikkmengde. Firefeltsveger *med midtdeler* har i begge studiene færre ulykker (Council & Stewart, 1999: -40-60%; Gates et al., 2015: -40%; trafikkmengden er i gjennomsnitt 9200 og opptil 28600). For firefeltsveger *uten midtdeler* spiker resultatene. I studien til Gates et al. (2015) *øker* antall ulykker med 11% (trafikkmengden er i gjennomsnitt 5800 og opptil 21000). Council & Stewart (1999) viser at firefeltsveger uten midtdeler kan ha opptil 20% *færre* ulykker enn tofeltsveger ved trafikkmengder under 12000 og en større ulykkesreducerende effekt ved lavere trafikkmengde, mens antall ulykker *øker* ved høyere trafikkmengde. En eldre studie (Rogness et al., 1982; sitert etter Council & Stewart, 1999) hadde funnet ulykkesreduksjoner og disse er større ved høyere trafikkmengde.

**Trefeltsveger («2+1»):** En svensk studie (Carlsson, 2009) har undersøkt hvordan ombygging av tofeltsveger med en bredde på 13 meter til trefeltsveger med samme vegbredde og midtrekkverk (wirerekkverk) har påvirket antall ulykker. Disse såkalte «2+1» vegene har to kjørefelt vekselvis i den ene og den andre retningen. De kan sammenlignes

men tofeltsveger med forbikjøringsfelt, men har ingen rene tofeltsstrekningene mellom trefeltsstrekningene.

Resultatene viser at «2+1» vegene har færre ulykker enn de opprinnelige tofeltsvegene. Antall personskadeulykker er 13% og 8% lavere ved fartsgrenser på henholdsvis 90 og 110 km/t. Antall drepte og hardt skadde er 63% og 51% lavere ved fartsgrenser på henholdsvis 90 og 110 km/t. Alle forskjellene er statistisk signifikante.

Resultatene viser videre at «2+1» vegene har flere personskadeulykker per million kjøretøykilometer enn firefeltsveger (+7% og +3% ved fartsgrenser på henholdsvis 90 og 110 km/t).

**Trafikkmengde og total vegbredde:** Fitzpatrick et al. (2005) har undersøkt under hvilke forutsetninger en firefeltsveg med smale skuldre kan forventes å ha flere ulykker enn en tofeltsveg med brede skuldre (ved uendret samlet vegbredde). De aller fleste vegene i studien har ikke midtdeler.

Resultatene viser at veger kan ha fire kjørefelt uten at dette medfører økt antall ulykker når den samlede bredden er på minst 16,5 meter (normalt med 3,7 meter kjørefelt- og 0,9 meter skulderbredde). På smalere veger er det i gjennomsnitt flere ulykker når vegen har fire kjørefelt enn når den har to kjørefelt. Dette gjelder opptil omtrent ÅDT 6000. Ved høyere ÅDT kan smalere veger ha fire kjørefelt fra 15,9 meter bredde ved ÅDT over 10000 uten at antall ulykker øker. Forenklet samt viser resultatene at fire kjørefelt uten midtdeler kan være en akseptabel løsning når vegen er bred, men ikke når den er smal. I Norge finnes ingen dimensjoneringsklasse som tilsier fire kjørefelt uten midtdeler.

Til sammenligning skal motorveger i Norge ha en samlet bredde på 23 meter med 3,5 meter kjørefeltbredde, 2,75 meter bredde for ytre skuldre og til sammen 3,5 meter for indre skuldre og midtdeler.

Også en litteraturstudie fra 2003 (Harwood, 2003) konkluderer at antall ulykker som regel øker når man øker antall kjørefelt på bekostning av kjørefeltbredden, dvs. at man gjør kjørefeltene smalere for å kunne øke antall kjørefelt.

### 3.6 Midtdeler

Veger med midtdeler har i gjennomsnitt færre ulykker enn veger uten midtdeler, men dette skyldes (helt eller delvis) andre faktorer enn midtdeler. På motorveger medfører bredere midtdeler færre ulykker enn smalere midtdeler.

Med midtdeler menes her et areal mellom kjøreretningene som ikke er del av vegbanen (median på engelsk). En midtdeler kan, men må ikke, ha rekkverk. Oppmerkede sperreflater mellom kjøreretningene («flush median») er ikke tatt med her.

I Norge er en fysisk midtdeler definert i Statens vegvesens håndbok N101 (Rekkverk og vegens sideområde, 2014) som et areal som skiller kjørefelt/kjørebane med trafikk i motsatte retninger. Arealet kan være beplantet, gruslagt eller asfaltert.

Vegnormalene krever midtdeler med rekkverk på veger med ÅDT over 6000 og fartsgrense 90 km eller høyere. Midtdeler med kantstein (uten rekkverk) kan etableres i bygater med flere enn to kjørefelt.

Midtdelere i Norge er ofte utformet som en gressvoll eller grøft. Midtdeler med kantstein brukes bare i liten grad i Norge, i hovedsak på veger i tettbygd strøk.

I de fleste studiene som har undersøkt sammenhengen mellom midtdeler og ulykker, er det ikke spesifisert hvordan midtdeleren er utformet.

Noen amerikanske motorveger har midtdelere som er så brede (f.eks. med opptil 100 meter med høydeforskjeller og vegetasjon mellom kjøreretningene) at det nesten vil være fysisk umulig for kjøretøy å komme over i motsatt kjøreretning. Slike «midtdelere» er (så langt som mulig ut fra den informasjonen som er tilgjengelig) ikke tatt med her.

### 3.6.1 Midtdeler i spredtbygd strøk

I spredtbygd strøk har veger med midtdeler i gjennomsnitt 31% færre ulykker enn veger uten midtdeler. Forskjellen i antall ulykker mellom veger med og uten midtdeler er større for mer alvorlige ulykker og større for møteulykker enn for andre ulykker. Siden de aller fleste studiene er basert på ulykkesmodeller, kan resultatene ikke uten videre tolkes som forventede effekter av å installere midtdeler.

Det finnes en rekke studier som har undersøkt utbygging av veger ved å øke antall kjørefelt og å installere en midtdeler (i de fleste tilfeller trolig med rekkverk). Disse er oppsummert i avsnittet om antall kjørefelt. Alle disse studiene viser at antall ulykker går ned etter installeringen av midtdeler.

Hvordan midtdeler på veger i spredtbygd strøk som ikke er motorveger påvirker eller henger sammen med antall ulykker er undersøkt i de følgende studiene (kun studier fra etter 2000 er tatt med):

- Sawalha & Sayed, 2001 (Canada)
- Strathman et al., 2001 (USA)
- Gattis et al., 2005 (USA)
- Saito et al., 2005 (USA)
- Lewis, 2006 (USA)
- Jonsson et al., 2007 (USA)
- Schulz et al., 2010 (USA)
- Jiang et al., 2011 (USA)
- Stephan & Newstead, 2012 (AUS)
- Hallenbeck et al., 2013 (USA)
- Hosseinpur et al., 2014 (Malaysia)
- Olabarria et al., 2015 (Spania)
- Sulistio, 2018 (Indonesia)
- Arévalo-Támara et al., 2020 (Colombia)

Med ett unntak er alle studiene basert på ulykkesmodeller, kun én studie er en før-etter studie (Schulz et al., 2010). Denne har ikke kontrollert for regresjonseffekter og ulykkesnedgangen (-25%) kan følgelig være overestimert. De øvrige studiene har statistisk kontrollert for en rekke andre variabler, men resultatene kan likevel være påvirket av andre forskjeller mellom vegene med vs. uten midtdeler. Det er ingen vesentlige forskjeller mellom resultatene fra før-etter vs. med-uten studier.

Vegene har i de fleste studiene fire eller flere kjørefelt. Én av studiene er gjort på tofeltsveger (Arévalo-Támara et al., 2020). De fleste veger ligger i spredtbygd strøk. Studier som kun er basert på veger i tettbygd strøk er ikke tatt med.

Hvilken type midtdeler vegene har, varierer mellom studiene (kantstein, senket, hevet, beplantet). I de fleste nyere studiene er alle vegene uten midtrekkverk. I to av studiene er det ikke spesifisert hvorvidt vegene har midtrekkverk og i én studie er veger både med og uten rekkverk i midtdeler tatt med (Jiang et al., 2011).



**Alle ulykker på strekninger:** Når man ser på alle ulykkene under ett, viser resultatene en nedgang på 31% (-43; -18). Resultatene fra de enkelte studiene spriker imidlertid mye. Dette gjelder i hovedsak ulykker på strekninger, men noen studier har ikke spesifisert hvorvidt ulykker i kryss inngår i resultatene.

Eldre studier (fra før 2000) har sammenlagt ikke funnet noen effekt på antall ulykker med personskade eller uspesifisert skadegrad (Høye, 2020). Hva forskjellen mellom eldre og nyere studier skyldes, er ukjent.

**Ulykker i kryss:** I kryss ble det i én studie funnet en omtrent like stor ulykkesnedgang (-34% [-47; -17]) som på strekninger (Jonsson et al., 2007). Denne studien viser at det kun er antall kollisjoner som er lavere i kryss hvor minst én av de kryssende vegene har midtdeler enn i andre kryss. For eneulykker ble det ikke funnet noen forskjell.

**Ulykkestyper:** For møteulykker ble det funnet en større nedgang (-43% [-52; -32]) enn for det totale antall ulykker. Resultatet er basert på én studie (Olabarria et al., 2015).

**Skadegrad:** Ulykkesnedgangen er større for mer alvorlige ulykker. Den sammenlagte effekten for det totale antall ulykker med drepte/hardt skadde er en reduksjon på 36% [-51; -17]). Studier som har rapportert resultater for flere skadegrader, har funnet større forskjeller mellom ulike skadegrader. Schulz et al. (2010) fant en nedgang av det totale antall personskadeulykker på 25% og en nedgang av antall ulykker med alvorlig personskade på 36%. I studien til Hosseinpur et al. (2014) har ulykker på vegger med midtdeler lavere skadegrad enn ulykker på vegger uten midtdeler, mens antall ulykker ikke er signifikant forskjellig.

### 3.6.2 Midtdeler i tettbygd strøk

Det er ikke funnet noen statistisk signifikant effekt av å etablere midtdeler på det totale antall ulykker i tettbygd strøk. For ulykker med drepte eller hardt skadde ble det imidlertid funnet relativt store reduksjoner.

Hvordan midtdeler påvirker eller henger sammen med antall ulykker er undersøkt i de følgende studiene:

- Sawalha & Sayed, 2001 (Canada): Med-uten
- Strathman et al., 2001 (USA): Med-uten
- Saito et al., 2005 (USA): Før-etter
- Lewis, 2006 (USA): Før-etter
- Stephan & Newstead, 2012 (AUS): Med-uten
- Hallenbeck et al., 2013 (USA): Før-etter
- Sulistio, 2018 (Indonesia): Med-uten

Alle resultatene gjelder hovedveger med som regel fire kjørefelt i tettbygd strøk. Det er som regel ikke rekkverk i midtdelene (i én av studiene er dette ikke spesifisert). Resultatene gjelder i hovedsak ulykker på strekninger, men noen studier har ikke spesifisert hvorvidt ulykker i kryss inngår i resultatene.

**Alle ulykker på strekninger:** Når man ser på alle ulykkene under ett, viser resultatene en ikke-signifikant økning på 7% (-12; +29).

Den sammenlagte virkningen på antall ulykker er en økning på 13% (-5; +34) i før-etter studier og en nedgang på 15% (-52; +50) i med-uten studier. Resultatene spriker imidlertid mye også mellom de enkelte studiene og det er ikke sikkert at forskjellen mellom metodene er reell.

Mulige forklaringer på økende antall ulykker kan være påkjørsler av midtdeleren (som regel med kantstein). En annen mulig forklaring er at etablering av midtdeler (i før-etter studiene) ofte går på bekostning av kjørefelt- og/eller skulderbredde.

Eldre studier har funnet mer fordelaktige effekter av midtdeler, både i før-etter studier (-6% [-31; +28]) og i med-uten studier (-25% [-37; -10]). Hva forskjellen mellom eldre og nyere studier skyldes er ukjent; en mulig forklaring er at risikoen i utgangspunktet var høyere, slik at den potensielle effekten av tiltak også var høyere.

**Alvorlige ulykker:** For ulykker med drepte eller hardt skadde ble det funnet store reduksjoner.

Blant de tre nyere før-etter studiene er det to som har funnet økninger av det totale antall ulykker, men en nedgang av antall alvorlige ulykker (Saito et al., 2005; Lewis, 2005), men uten at det er mulig å beregne sammenlagte effekter for antall alvorlige ulykker. I studien til Lewis (2006) gikk antall dødsulykker ned med 82%.

**Motorsykkelykker:** For antall motorsykkelykker ble det funnet en nedgang på 35% i en studie fra Indonesia (Sulistio, 2018). Det er usikkert hvorvidt resultatet kan overføres til Norge hvor både vegen, trafikken og motorsyklene er veldig forskjellige fra Indonesia.

**Type midtdeler:** Strathman et al. (2001) har ikke funnet noen forskjell mellom midtdeler med kantstein og beplantet midtdeler (for begge typer midtdeler ble det funnet ulykkesreduksjoner på over 50%). Hallenbeck et al. (2013) fant en mindre ulykkesnedgang etter etablering av beplantet midtdeler med (små) trær (-9% [-19; +2]) enn etablering av midtdeler uten trær (-16% [-26; -4]), men konfidensintervallene overlapper.

Det foreligger ikke resultater for spesifikke ulykkestyper, men man kan tenke seg at det er især møteulykker og fotgjengerulykker som går ned. Midtdeler kan forhindre at kjøretøy kommer over i motgående kjøreretning og kan gjøre det tryggere å krysse vegen for fotgjengere. Saito et al. (2005) fant også en nedgang av antall ulykker med kryssende kjøreretninger.

### 3.6.3 Midtdelerbredde

Veger med bredere midtdeler har i gjennomsnitt færre ulykker enn ellers sammenlignbare veger med smalere midtdeler. De største effektene av økt midtdelerbredde ble funnet på motorveger med en opprinnelig midtdelerbredde på under syv meter og på øvrige veger i spredtbygd strøk. På veger i tettbygd strøk og på motorveger som allerede har bred midtdeler, er effekten av å øke midtdelerbredden betydelig mindre.

Når man sammenligner veger med omtrent samme totale vegbredde, har veger med bred midtdeler og få kjørefelt i gjennomsnitt færre ulykker enn veger med smal midtdeler og flere kjørefelt.

Sammenhengen mellom midtdelerbredde og antall ulykker er undersøkt i de følgende studiene:

- Wang et al., 1998 (USA)
- Oh et al., 2003 (USA)
- Kweon & Kockelman, 2004 (USA)
- Fitzpatrick et al., 2008 (USA)
- Stamatiadis et al., 2009 (USA)
- Park, Fitzpatrick, & Lord, 2010 (USA)
- Zou et al., 2011 (USA)
- Geedipally, Lord & Dhavala, 2012 (USA)

Haleem et al., 2013 (USA)  
 Castro et al., 2013 (USA)  
 Lu et al., 2013 (USA)  
 Yu & Abdel-Aty (USA)  
 Chimba et al., 2014 (USA)  
 Vangala et al., 2014 (USA)  
 Park, Abdel-Aty, Wang, & Lee, 2015 (USA)  
 Park, Abdel-Aty, & Lee, 2016 (USA)  
 Zou et al., 2018 (USA)

Tabell 6 viser gjennomsnittlige teoretiske virkninger av å øke midtdelerbredden med én meter.

Tabell 5: Gjennomsnittlige virkninger på antall ulykker (alle ulykker, uspesifisert skadegrad) per 30 cm / meter økning av midtdelerbredde (uvektede gjennomsnitt).

		Gjennomsnittlig effekt av økt midtdelerbredde per meter breddeøkning
<b>Motorveger</b>	Alle midtdelere	-1,80 %
	Fra midtdelerbredde 7,6 meter	-4,91 %
	Fra midtdelerbredde 22,8 meter	-0,78 %
<b>Øvrige veger</b>	Spredtbygd strøk	-4,63%
	Tettbygd strøk	-3,15%

Alle studiene viser at veger med bredere midtdeler har færre ulykker enn veger med smalere midtdeler. Alle studiene er tverrsnittstudier med statistisk kontroll for en rekke andre faktorer. Resultatene kan likevel ikke uten videre tolkes som forventede effekter av å *endre* midtdelerbredden.

Én studie (som ikke kunne tas med i beregningen av den sammenlagte effekten) viser at bredere midtdeler i gjennomsnitt medfører *flere* ulykker på motorveger enn smalere midtdeler (Taylor et al., 2018; USA). Her kan det imidlertid være interaksjonseffekter med midtrekkverk og trafikkmengde som ikke er tatt hensyn til.

**Ulykkestyper:** To studier på motorveger med midtrekkverk (Wang & Feng, 2019; Yu & Abdel-Aty, 2013) viser at bredere midtdeler medfører både færre eneulykker og færre flerpartsulykker. I begge studiene er virkningen omtrent like stor for eneulykker som for flerpartsulykker.

På firefeltsveger i spredtbygd strøk som ikke er motorveger har Stamatiadis et al. (2009) kun funnet en sammenheng mellom midtdelerbredde og flerpartsulykker, men ingen sammenheng med eneulykker.

**Opprinnelig midtdelerbredde:** Resultatene for motorveger med ulike opprinnelige midtdelerbredder er basert på en trendfunksjon som viser at virkningen av økt midtdelerbredde avtar jo bredere midtdeleren var i utgangspunktet. Ifølge Shankar et al. (2004) er det ut fra sammenhengen mellom midtdelerbredde og antall ulykker ikke nødvendig å installere rekkverk i midtdelere som er 18 meter eller bredere.

For veger som ikke er motorveger, viser Stamatiadis et al. (2009) at breddeøkninger utover 12 meter ikke har noen ulykkesreducerende effekt.

**Endring av midtdelerbredde vs. antall kjørefelt:** To studier har undersøkt effekten av å øke antall kjørefelt fra fire til seks, samtidig som midtdeleren blir smalere (Park, Abdel-Aty & Wang, 2015; Tarko, Villwock & Blond, 2008). Begge studiene viser at antall ulykker øker, dvs. at det er sikrere å ha færre kjørefelt og en bredere midtdeler enn flere kjørefelt og smal midtdeler.

### 3.7 Forbikjøringsfelt

Forbikjøringsfelt har vist seg å redusere antall ulykker. Reduksjonen er størst for personskadeulykker i forbikjøringsfeltet (-33%) og mindre for mindre alvorlige ulykker. Når man ser på lengre strekninger hvor deler av strekningen har forbikjøringsfelt, viser de fleste, men ikke alle, studiene at ulykkesnedgangen er større på de delene av strekningen som har forbikjøringsfelt enn for strekningen for øvrig. Hvorvidt det er forbikjøringsforbud på de delene av strekningen som ikke har forbikjøringsfelt, er ikke spesifisert i de fleste studiene. Lengre forbikjøringsfelt har vist seg å medføre større ulykkesreduksjoner enn kortere forbikjøringsfelt. Også krabbefelt (forbikjøringsfelt i bratte stigninger) medfører ulykkesreduksjoner.

Forbikjøringsfelt er vanlige kjørefelt som anlegges på kortere strekninger, som regel på tofeltsveger. Formålet er i hovedsak å forbedre trafikkavviklingen. Det finnes mange ulike konstellasjoner av forbikjøringsfelt. Bl.a. kan forbikjøringsfelt anlegges i én kjøreretning om gangen på deler av en lengre strekning, det kan lages korte firefeltsstrekninger på en veg med ellers to kjørefelt, eller en veg kan ha gjennomgående tre kjørefelt hvor det er vekselvis den ene og den andre retningen som har to kjørefelt. I de fleste empiriske studiene som har undersøkt virkningen på ulykker, er det som regel korte tre- eller firefeltsstrekninger på lengre tofelts-strekninger som er undersøkt. Lengden på forbikjøringsfeltene varierer mellom studiene.

De følgende studiene har undersøkt virkningen av forbikjøringsfelt på antall ulykker:

- Potts & Harwood, 2004 (USA): Tverrsnitt
- Bonneson et al., 2006 (USA): Før-etter
- Myers et al., 2011 (USA): Før-etter
- Park, Fitzpatrick, & Brewer, 2012 (USA): Før-etter
- Persaud et al., 2013 (USA): Før-etter
- Donnell et al., 2014 (USA): Tverrsnitt
- Gates et al., 2015 (USA): Tverrsnitt
- Cafiso et al., 2017 (Italia): Før-etter
- Schumaker et al., 2017 (USA): Før-etter

De fleste studier er før-etter studie som har brukt Empirisk Bayes metode for å kontrollere for forstyrrende variabler og regresjonseffekter. Tverrsnittstudiene har også på ulike måter kontrollert for forstyrrende variabler. De har i gjennomsnitt funnet omtrent like store effekter som før-etter studiene. Tabell 7 viser sammenlagte effekter, basert på alle studiene.

Tabell 6: Sammenlagte effekter av forbikjøringsfelt

	Uspesifisert skadegrad		Personskadeulykker	
	Beste anslag	Usikkerhet	Beste anslag	Usikkerhet
<b>Ulykker i forbikjøringsfelt</b>	-21	(-43; +11)	-33	(-39; -27)
<b>Ulykker på hele strekningen</b>	-13	(-22; -3)	-22	(-29; -14)

Resultatene viser at forbikjøringsfelt reduserer antall ulykker, mer for ulykker med personskade enn for ulykker med uspesifisert skadegrad. Ulykkesreduksjonen er i gjennomsnitt større i forbikjøringsfeltet enn når man ser på hele strekningen (delene med og uten forbikjøringsfelt). En av studiene (Persaud et al., 2013), fant imidlertid større ulykkesreduksjoner på hele strekningen, dvs. at ulykkesreduksjonen i denne studien er større på de delene av strekningen hvor det ikke er forbikjøringsfelt.

Lengden på forbikjøringsfeltene og hvorvidt de delene av strekningene som ikke har forbikjøringsfelt har forbikjøringsforbud, er ikke spesifisert i de fleste studiene. Flere studier viser at strekninger med forbikjøringsforbud har flere ulykker enn sammenlignbare andre strekninger (bl.a. Gates et al., 2015; Ivan et al., 2000).

**Lengden på forbikjøringsfelt:** Persaud et al. (2020) viser at den ulykkesreducerende effekten av forbikjøringsfelt øker med lengden på forbikjøringsfeltet. Ulykkesreduksjonene er anslått til omtrent 20% for 1,2 km lange forbikjøringsfelt og omtrent 40% for 3,7 km lange forbikjøringsfelt (resultatene inngår ikke i beregningen av de sammenlagte effektene i tabell 7).

**Krabbefelt:** For forbikjøringsfelt i stigninger («krabbefelt», engelsk «climbing lane») har Haq et al. (2019) funnet store ulykkesreduksjoner (-43%) på tofeltsveger. På motorveger har Hou et al. (2019) funnet en ulykkesreduksjon på 17%. Studien til Hou et al. (2019) viser i tillegg at høye andeler tunge kjøretøy ikke medfører flere ulykker på vegger med krabbefelt (slik som er tilfelle på stigninger uten krabbefelt).

### 3.8 Vegens sideterreng

Egenskaper ved vegens sideterreng og tiltak som omtales i dette avsnittet er:

- Indikatorer for sideterrengets farlighet (såkalte roadside hazard ratings)
- Sikkerhetssoner langs veien som skal være frie for faste hindre
- Faste hindre som bl.a. trær, stolper, fjellskæringer, gjerder mv.
- Skråninger.

Vegens sideterreng er veldig forskjellig mellom vegger i tett og spredt bebyggelse og sammenhengen med antall ulykker kan også være forskjellig mellom tett- og spredtbygd strøk. De fleste empiriske studiene som omhandler vegens sideterreng fokuserer på vegger i spredtbygd strøk.

Utformingen av vegers sideterreng kan påvirke både skadegraden ved ulykker og risikoen for at det skjer ulykker, bl.a. ved at den påvirker førerens atferd, især fartsvalg (Lee & Mannering, 2002). Ulykkesrisikoen kan også påvirkes ved at utformingen av vegens sideterreng påvirker sikt lengder (f.eks. skog og fjellskæringer), lysforhold (f.eks. trær) og føreforhold (f.eks. vann ved eller under vegen).

Skadegraden i utforkjøringsulykker eller kollisjoner med faste objekter avhenger både av farten, hvilke typer faste objekter bilen kolliderer med, samt ev. velt og fallhøyde. Ulykker med velt er i gjennomsnitt mer alvorlige enn ulykker uten velt (Khan & Vachal, 2020). Også kollisjoner med faste objekter kan øke alvorlighetsgraden i ulykker (Delaney et al.,

2002; Good et al., 1987). Typiske faste hindre som ofte blir påkjørt er trær og stolper, samt (i Norge) fjellskjæringer.

I tillegg avhenger virkningen på skadegraden i ulykker av kjøretøyenes egenskaper. For eksempel har kollisjonspuater ulike effekter på skadegraden i kollisjoner med ulike typer faste objekter (Council et al., 1998) og ulykker med velt er betydelig mer alvorlige i eldre biler enn i nyere biler (Anarkooli et al., 2017). Hvordan utforming av vegens sideterreng påvirker skadegraden i ulykker kan derfor ha endret seg over tid, og resultater fra eldre studier er ikke nødvendigvis generaliserbare til dagens bilpark.

Analysen av **ulykkesdata fra Norge i 2010-2018** viser at de aller fleste ulykker hvor et fast hinder ved vegen er påkjørt, er eneulykker (79%), mens 7% er møteulykker.

Blant alle drepte og skadde i eneulykkene i 2010-2018 er det 54% hvor det er registrert at et fast hinder er påkjørt. Tabell 8 viser antall lett skadde og antall og andel drepte eller hardt skadde (D/HS) i eneulykker i Norge i 2010-2018 med og uten påkjøring av ulike typer faste hindre. Faste hindre følger her definisjonen i offisiell ulykkesstatistikk og inkluderer grøfter, vann mv.

Tabell 7: Antall drepte og skadde (lett skadde og drepte/hardt skadde, D/HS) i eneulykker i Norge, 2010-2018, basert på offisiell ulykkesstatistikk; med vs. uten påkjørt hinder.

	Lett skadde	D/HS	Alle	Andel D/HS
<b>Påkjørt hinder</b>				
▪ Alle	8093	1353	9446	14,3 %
▪ Tre	1304	268	1572	17,0 %
▪ Mur, bygning	458	89	547	16,3 %
▪ Stein, fjellvegg	1619	313	1932	16,2 %
▪ Annet (grøft, vann etc.)	1682	291	1973	14,7 %
▪ Annen mast/stolpe	697	119	816	14,6 %
▪ Gjerde	1077	154	1231	12,5 %
▪ Skilt	511	56	567	9,9 %
▪ Lysmast	745	63	808	7,8 %
<b>Ingen hindre påkjørt</b>	<b>6957</b>	<b>1027</b>	<b>7984</b>	<b>12,9 %</b>
<b>Alle eneulykker</b>	<b>15050</b>	<b>2380</b>	<b>17430</b>	<b>13,7 %</b>

Resultatene i tabell 8 viser at andelen D/HS er størst ved påkjørsel av tre, fulgt av mur, bygning, stein og fjellvegg. Eneulykker med «ingen hindre påkjørt» omfatter trolig i hovedsak velteulykker.

### 3.8.1 Indikatorer for sideterrengets farlighet (roadside hazard ratings)

Indikatorer for sideterrengets farlighet (såkalte roadside hazard ratings) er som regel definert ut fra på bl.a. skråninger, grøfter og avstand til faste hindre ved vegen som bl.a. trær, stolper og bro Pilarer som antas å påvirke ulykkesrisiko og/eller ulykkenes alvorlighet.

De følgende empiriske studiene har undersøkt sammenhengen mellom indikatorer for sideterrengets farlighet og ulykker:

- Zegeer et al., 1988 (USA)
- Al-Masaeid, 1997 (Canada)
- Vogt & Bared, 1998 (USA)
- Hauer et al., 2004 (USA)
- Sakshaug et al., 2007 (Norge)
- Cafiso et al., 2010 (Italia)
- Pardillo-Mayora et al., 2010 (Spania)
- Zhu et al., 2010 (USA)
- Samet, 2016 (Iran)

De aller fleste studiene er basert på ulykker på tofeltsveger i spredtbygd strøk og har benyttet skalaen som er utviklet av Zegeer et al. (1988) eller en lignende skala. I alle disse studiene har høyere verdier på indikatorer for sideterrengets farlighet sammenheng med økende antall ulykker.

I *spredtbygd* strøk har veger med sideterreng i den farligste kategorien (i hver studie), sammenlignet med den minst farlige kategorien, i gjennomsnitt:

- 86% flere ulykker totalt sett
- 184% flere eneulykker (uspesifisert skadegrad)
- 248% flere eneulykker (dødsulykker).

Definisjonen av de farligste og minst farlige kategoriene varierer noe mellom studiene. Likevel viser resultatene at det er en klar sammenheng med antall ulykker, især alvorlige ulykker.

For flerfeltsveger i *tettbygd* strøk har Hauer et al. (2004) ikke funnet noen sammenheng mellom sideterrengets farlighet og antall ulykker.

Enkelte aspekter ved vegens sideterreng er beskrevet i de følgende avsnittene.

### 3.8.2 Sikkerhetssoner langs vegen

Avstanden mellom vegkanten og faste hindre har vesentlig betydning for sannsynligheten for å treffe ett fast hinder. Sikkerhetssoner langs vegen («clear zones») skal være frie for faste hindre og redusere risikoen for alvorlige skader ved utforkjøring (Kloeden et al., 1999). Avstand til faste hindre inngår som regel i definisjonen av indikatorer for sideterrengets farlighet (se avsnitt over).

I Norge er krav til sikkerhetssonen langs veger beskrevet i Statens vegvesens håndbok N101 (2014; Rekkverk og vegens sideområder): Sikkerhetssonen skal være utformet slik at kjøretøy som havner utenfor kjørebane bl.a. ikke kan treffe farlige sidehindre, kan vende tilbake til kjørebane eller stanse gradvis og unngå å velte, og ikke kan treffe andre trafikanter eller kjøre inn på oppholdsarealer for mennesker. Dersom dette ikke er mulig, skal det settes opp rekkverk. Krav til sikkerhetssonens bredde (og ev. behov for rekkverk) er definert ut fra bl.a. fart, trafikkmengde, kurveradius og stigning/fall på skråninger og andre spesielle forhold.

De følgende empiriske studiene har undersøkt sammenhengen mellom avstanden mellom vegkant og faste hindre og antall ulykker:

- Zegeer et al., 1988 (USA)
- Lee & Mannering, 2002 (USA)
- Dumbaugh, 2006 (USA)
- Maze et al., 2008 (USA)
- Jurewicz & Pyta, 2010 (Australia)
- Peng et al., 2012 (USA)
- Marshall et al., 2018 (USA)

Basert på disse studiene er det beregnet uvektede gjennomsnitt av den estimerte nedgangen i antall ulykker per meter breddeøkning på sikkerhetssonen (Tabell 9). Det er også beregnet teoretiske virkninger av å øke bredden på sikkerhetssonen fra én til tre, fem og åtte meter.

Alle resultatene er tverrsnittstudier. Selv om alle studiene har kontrollert for en rekke andre variabler (bl.a. fartsgrense og kjørefeltbredde), kan resultatene ikke uten videre tolkes som forventede effekter av å øke sikkerhetsavstanden.

Tabell 8: Gjennomsnittlige effekter av å øke minsteavstanden til faste hindre langs vegen.

Ulykkestype / skadegrad	Veger i ...bygd strøk	Endring av antall ulykker			
		Per meter breddeøkning <sup>a</sup>	Fra 1-3 meter	Fra 1-5 meter	Fra 1-8 meter
Antall utforkjøringsulykker	Spredt	-5,9% (-2,9%/-8,3%)	-12%	-22%	-36%
Antall drepte i utforkjøringsulykker	Spredt	-21,1% <sup>b</sup>	-38%	-61%	-81%
Antall utforkjøringsulykker	Tett	-14,9% (-11,8%/-18,0%)	-29%	-49%	-69%
Totalt antall ulykker	Tett	-0,3% (+1,1%/-1,8%)	-1,0%	-1,8%	-3,0%

<sup>a</sup> I parentes vises den minste og største effekten som ble funnet i de empiriske studiene (ikke konfidensintervall).

<sup>b</sup> Kun ett resultat (Zegeer et al., 1988).

Resultatene fra alle studiene viser at antall utforkjøringsulykker går ned når sikkerhetsavstanden øker, både i tett- og spredtbygd strøk.

**Ulykkestyper:** Antall utforkjøringsulykker går ned med økende sikkerhetssone i alle studiene. For det totale antall ulykker ble det funnet en liten og ikke-signifikant økning i én studie (Dumbaugh, 2006) og en liten men statistisk signifikant nedgang i en annen studie (Marshall et al., 2018). At man finner den største ulykkesreducerende effekten av sikkerhetssoner for utforkjøringsulykker, er som forventet. Bredere sikkerhetssone kan imidlertid også tenkes å redusere antall møteulykker fordi kjøretøyene i gjennomsnitt holder større avstand fra midtlinjen (se nedenfor under føreratferd).

Resultatene fra studien til Dumbaugh (2006; stor reduksjon av utforkjøring og liten økning av det totale antall ulykker) kan *ikke* tolkes slik at antall ulykker som ikke er utforkjøring, øker (kryssulykker inngår i resultatet for utforkjøring men ikke i resultatet for alle ulykker; se nedenfor under strekninger vs. kryss i tettbygd strøk).

**Kurver vs. rette strekninger:** Peng et al. (2012) viser for ulykker i spredtbygd strøk at sammenhengen mellom bredden på sikkerhetssonen og antall utforkjøringsulykker er omtrent dobbelt så stor i kurver (-7,8% per meter breddeøkning) som på rette strekninger (-4,0%).

**Trafikkmengde:** Peng et al. (2012) viser at sammenhengen mellom bredden på sikkerhetssonen og antall utforkjøringsulykker er større ved høyere trafikkmengde (ÅDT 3500) enn ved lavere trafikkmengde (ÅDT 100-1000). Dette gjelder ulykker i spredtbygd strøk.

**Tett- vs. spredtbygd strøk:** Tabell 9 viser at det i gjennomsnitt ble funnet større effekter av sikkerhetssoner på antall utforkjøringsulykker i tettbygd strøk enn i spredtbygd strøk.

Disse resultatene kan *ikke* tolkes slik at sikkerhetssoner har større betydning i byer enn på landeveger. Verken den metodologiske tilnærmingen, ulykkestypene, sikkerhetssonene, eller objektene i sikkerhetssonen kan direkte sammenlignes mellom studiene i tett- og spredtbygd strøk.

I tillegg finnes studier som viser at trær langs veger i urbane områder kan ha en ulykkesreducerende effekt (Dumbaugh, 2006; Harvey & Aultman-Hall, 2015; Marshall et al., 2018). I studien til Dumbaugh (2006) har såkalte «livable streets» (gater med trær mellom kjørebane og fortau) i gjennomsnitt 14% færre ulykker enn andre gater. Dette gjelder med statistisk kontroll for avstanden mellom trær (eller stolper eller bygninger) og vegen dvs. at man kan tolke resultatene omtrent slik at trær generelt sett er bra for sikkerheten, men helst med litt avstand fra vegen.



Videre er farten i tettbygd strøk i gjennomsnitt lavere og dermed også skadepotensiale i kollisjoner med trær, stolper mv.

Maze et al. (2008) viser for veger i tettbygd strøk med fortau at det er en lineær sammenheng mellom bredden på sikkerhetssonen og antall påkjøringer av faste objekter for sikkerhetssoner opptil 1,5 meter.

**Kryss- vs. strekningsulykker i tettbygd strøk:** Dumbaugh (2006) fant en svak (og ikke-signifikant) økning ved økende sikkerhetssonebredde for det totale antall ulykker på strekninger og en nedgang av antall utforkjøringsulykker. Utforkjøringsulykkene med påkjørsler av trær eller stolper i denne studien var i all hovedsak ulykker ved kryss eller avkjørsler hvor kjøretøy som svinget av hovedvegen kolliderte med trær / stolper som sto nær vegen. På strekninger har det ikke vært mange utforkjøringsulykker med påkjørsel av trær eller stolper. Dette kan tolkes slik at trær og stolper langs gater i tettbygde strøk i hovedsak er et problem ved kryss, men ikke eller i mindre grad på strekninger.

**Sikkerhetssoner og føreraterferd:** Sikkerhetssoner langs vegen kan påvirke både fart og sideplassering. Farten har i flere studier vist seg å være høyere på veger uten trær enn på veger med trær (Nederi et al., 2008) og på veger med bredere sikkerhetssoner enn på veger med smale sikkerhetssoner (Calvi et al., 2015; Fitzpatrick et al., 2014; 2016).

Smale sikkerhetssoner og kortere avstander mellom trær kan imidlertid også føre til at mange kjører nærmere midtlinjen, noe som kan medføre økt risiko for møteulykker (Calvi et al., 2015; Fitzpatrick et al., 2014; 2016).

Mok et al. (2006) antar at trær langs veger kan redusere stress og øke oppmerksomheten, men uten at de har empirisk belegg for denne antakelsen.

Korte oppsummeringer av de fleste studiene som er omtalt i dette kapitlet finnes i vedlegg B.

### 3.8.3 Faste hindre i vegens sideterreng

Med «faste hindre» ved vegen som kan påvirke skadegraden i ulykker menes her i hovedsak trær, stolper, gjerder og lignende, men også grøfter, voller, skjæringer og fjellvegger. Sistnevnte skyldes at disse i empiriske studier ofte er behandlet på linje med andre typer faste hindre som trær mv.

Rekkverk og rekkverksavslutninger som kan være både påkjøringsfarlige hindre og beskytte andre (mer) farlige objekter, er beskrevet i Trafikksikkerhetshåndbokens kapittel 1.15 (se tshandbok.no).

De følgende studiene har undersøkt hvordan påkjøring av ulike typer faste hindre påvirker risikoen for å bli drept eller hardt skadd i en ulykke:

Zegeer et al., 1988 (USA)

Kloeden et al., 1999 (USA)

Lee & Mannering, 2002 (USA)

Yamamoto & Shankar, 2004 (USA)

Holdridge et al., 2005 (USA)

Schneider et al., 2009 (USA)

Theofilatos et al., 2012 (Hellas)

Xie et al., 2012 (USA)

Bambach et al., 2013 (Australia)

Van Treese et al., 2019 (USA)

Albuquerque & Awadalla, 2020 (De forente arabiske emirater)

Resultatene er oppsummert i tabell 10. Tabellen viser relative antall drepte og hardt skadde i kollisjoner med faste objekter. Disse er beregnet som oddsforhold for antall drepte /

hardt skadde skadd (vs. lettere skadde) ved påkjøring av ulike typer objekter (vs. påkjøring av ingen eller andre faste objekter). Alle resultatene gjelder skadegraden i ulykken, ikke antall ulykker. At det er skilt mellom alle ulykker, utforkjøring og påkjøring av fast objekt, skyldes at ulike studier har rapportert resultater for ulike grupper av ulykker slik at sammenligningsgrunnlaget er forskjellig.

Tabell 9: Relative antall drepte og hardt skadde i kollisjoner med faste objekter (relativt antall ved påkjøring av ingen eller andre faste objekt = 1), vektete gjennomsnitt (antall resultater som ligger til grunn i parentes).

Ulykker	Alle ulykker	Utforkjøring	Påkjøring av fast objekt	Motorsykelulykker
<b>Bropilar</b>	2,88 (1)	3,62 (1)		
<b>Grøft</b>		1,57 (2)		1,46 (1)
<b>Tre</b>	4,52 (1)	1,56 (5)	1,62 (4)	1,77 (1)
<b>Stolpe</b>	3,23 (1)	1,08 (1)	1,52 (2)	2,15 (1)
<b>Voll</b>		1,06 (1)		0,84 (1)
<b>Vann</b>		1,03 (1)		
<b>Gjerde</b>		0,86 (2)	0,94 (1)	1,55 (1)
<b>Skiltstolpe</b>	3,40 (1)	0,75 (2)	1,06 (1)	1,55 (1)

Resultatene viser at **bropilarer, grøfter og trær** medfører høyere skadegrad enn andre objekter (grøfter er i noen studier tatt med på lister over «faste objekter»).

**Trær** er også i alle enkeltstudiene det mest påkjøringsfarlige objekt.

**Stolper** er i de fleste studiene omtrent like påkjøringsfarlige som trær (og farligere enn trær for motorsyklistene).

Både trær og stolper er blant de mest påkjøringsfarlige objekter også i studier som ikke er tatt med i beregningen av gjennomsnittlige effekter (Lee & Mannering, 2002; Xie et al., 2012; Zuckier et al., 1999). Trær og stolper har felles at de er både smale og solide, slik at muligheten for å absorbere kollisjonsenergien i bilen er begrenset. Dette gjelder især når treffpunktet er i siden (Høye, 2017; Bedard et al., 2002).

I ulykker med påkjørsler av trær er det imidlertid også andre risikofaktorer som er overrepresentert og som kan bidra til den høye skadegraden, bl.a. unge mannlige førere, høy fart, alkohol, trøtthet og vanskelige kjøre- og siktforhold (Bendigeri, 2009; Kloeden et al., 1999).

I fartsrelaterte dødsulykker i Norge er trær og **fjellvegger/-skjæringer** de mest typiske påkjørte hindrene (henholdsvis 27 og 22% av alle påkjørte objektene; Høye, 2017), fulgt av trestubber, store steiner og lignende i sideterrenget (14%). I de aller fleste tilfellene har trærne, fjellveggene/skjæringene, stubber, steiner mv. vært innenfor sikkerhetssonen på åtte meter. For fjellvegger/-skjæringer foreligger ingen relative skadetall fra de empiriske studiene som er oppsummert ovenfor.

I studien til Xie et al. (2012) er også utforkjøring i grøfter og **vann** blant utforkjøringene med høyest skadegrad. Utforkjøring i vann kan medføre drukning. Vann under eller i nærheten av vegen kan i noen situasjoner føre til at vegen er uventet glatt (Høye, 2017).

De absolutte tallene i Tabell 10 kan ikke uten videre generaliseres. For det første har alle studiene benyttet ulike sammenligninger (påkjørt objekt vs. annen objekt, ingen objekt eller annen ulykkestype, med eller uten velt, ...). For det andre er noen av studiene forholdsvis gamle. Bilene har blitt betydelig sikrere over tid, noe som har ført til at skadegraden i ulykker generelt har gått ned. I tillegg kan skadegraden i enkelte ulykkestyper ha gått ned mer enn i andre slik at relative risikotall som er basert på gamle biler ikke nødvendigvis er gyldige for nye biler.

Resultatene kan heller ikke benyttes for å beregne effekten av å fjerne trær eller andre faste objekter fra vegkanten. De er basert på studier som har sammenlignet skadegraden i ulike ulykkestyper og man kan ikke uten videre forutsette at vegene, kjøretøyene eller førerne er sammenlignbare mellom de ulike ulykkestypene. Resultatene tyder likevel på at kollisjoner med bropilarer og trær, samt utforkjøring i grøfter, er mer alvorlige enn andre ulykker og følgelig at det å enten fjerne eller beskytte farlige objekter med rekkverk, kan redusere skadegraden i ulykker.

### 3.8.4 Skråninger

Med skråninger menes her skråninger som går nedover fra vegen. Sammenhengen med antall ulykker er undersøkt i de følgende studiene:

- Zegeer et al., 1988 (USA)
- Zegeer & Council 1995 (USA)
- Allaire et al., 1996 (USA)
- Al-Masaeid et al., 1997 (Canada)
- Vogt & Bared, 1998 (USA)
- Lee & Mannering, 2002 (USA)
- Elvik et al., 2009 (metaanalyse av tre eldre studier)
- Peng et al., 2012 (USA)
- Roque et al., 2015 (Portugal)

Tabell 11 viser uvektede gjennomsnittlige teoretiske virkninger av å flate ut skråninger. Med *teoretiske virkninger* menes at de er basert på *sammenhenger* mellom skråninger med ulik fall. Det kan være andre faktorer som påvirker antall ulykker på veger med ulike skråninger, og tallene i Tabell 11 kan derfor ikke uten videre tolkes som forventede effekter av å flate ut eksisterende skråninger.

Tabell 10: Gjennomsnittlige virkninger av utflating av skråninger (teoretiske virkninger; se tekst).

	Fra 1:4 eller brattere til 1:6 eller flatere	Fra 1:3 eller brattere til 1:6 eller flatere
Alle ulykker	-7%	-19%
Utforkjøringsulykker	-17%	-45%
Drepte i utforkjøringsulykker		-82%

Tabell 11 viser at brattere skråninger i gjennomsnitt medføre flere ulykker, især utforkjøringsulykker, og mer alvorlige ulykker. At utforkjøring i skråninger medfører mer alvorlige skader jo brattere skråningen er, ble også funnet i to eldre studier som ikke inngår i analysene over (Glennon & Tamburri, 1967; Pettersson, 1977).

En mulig forklaring på færre og mindre alvorlige ulykker på veger med flatere sideterreng er at det er lettere å gjenvinne kontrollen over et kjøretøy, slik at hendelser der kjøretøyet har forlatt vegen enten ikke lenger fører til ulykker, eller i det minste ikke til ulykker med personskade. Flate skråninger kan også ha færre faste hindre enn bratte.

Det er også mulig at brattere skråninger i gjennomsnitt har høyere fall enn flatere skråninger. Dette kan også bidra til flere og mer alvorlige ulykker. Delays og Parada (1986) viser at fallet på skråningen i grøfter har sammenheng med antall velteulykker for grøfter som er over 0,9 meter dype, men ikke for mindre dype grøfter. Schrum et al. (2014) viser at ulykkeskostnader øker når både stigningen og høyden på skråninger øker, men at bratt stigning eller stor høyde alene ikke har noen effekt på ulykkeskostnader.

Korte oppsummeringer av de enkelte studiene finnes i vedlegg B.

## 4 Tilleggsanalyse: Norske tofeltsveger

Dette kapitlet beskriver en oppdatert analyse av data som er benyttet av Pokorny et al. (2020) som har undersøkt sammenhengen mellom kjørefelt- og skulderbredde på den ene siden og antall ulykker på tofeltsveger på den andre siden. Resultatene fra Pokorny et al. (2020) tyder på at det er ikke-monotone sammenhenger mellom breddevariablene og antall ulykker og at kjørefeltbredder på under 2,5 eller over 3,5 meter, samt skulderbredder på mellom 0,5 og 0,75 meter er sikrere enn andre bredder.

Et problem med studien er at datamaterialet inneholder en stor andel veger med kjørefeltbredder under 2,5 meter og helt ned til 1,5 meter: 30% av veglengden og 8% av ulykkene gjelder veger med kjørefeltbredder på under 2,5 meter; 9% av vegbredden og 1,2% av ulykkene gjelder veger med kjørefeltbredder under 2,0 meter. Dette er et problem, da veger med veldig smale kjørefelt neppe fungerer som vanlige tofeltsveger, dvs. at de fleste slike veger ikke vil ha midtoppmerking og på de smaleste vegene vil møtende kjøretøy være nødt til å kjøre ut til siden. Den minste tillatte kjørefeltbredden på lokale veger er 2,5 meter (se dimensjoneringsklassene i vedlegg A).

I analysene har Pokorny et al. (2020) sett på sammenhengene mellom kjørefeltbredde og skulderbredde hver for seg, men de har ikke kontrollert for den samlede vegbredden og de har heller ikke sett på fordelingen av eksisterende vegbredde på kjørefelt og skuldre.

Dette kapitlet presenterer nye analyser av det samme datasettet med fokus på:

- Veger som kan antas å være tofeltsveger
- Effekter av samlet vegbredde, samt effekten av kjørefelt- og skulderbredde med kontroll for vegbredde
- Effekter av hvordan eksisterende vegbredde er fordelt mellom kjørefelt og skuldre.

### 4.1 Data

Analysene er basert på ett utvalg av datasettet som er benyttet i studien til Pokorny et al. (2020). Datasettet som er benyttet i de aktuelle analysene er beskrevet i følgende. Hovedforskjellen mellom datasettene er at de smaleste kjørefeltene er tatt ut av datasettet for de aktuelle analysene. Alle dataene er hentet ut av den nasjonale vegdatabanken og inneholder data fra 2013-2017.

#### Veger

Alle vegene har fartsgrense 60, 70 eller 80 km/t, ligger i spredtbygd strøk og er del av europa-, riks- eller fylkesvegnettet. Kryss og rundkjøringer inngår ikke.

Analysen er basert på tofeltsveger. Pokorny et al. (2020) har tatt med veger med kjørefeltbredder ned til 1,75 meter. Man kan derfor anta at en del av vegene i realiteten kun har ett kjørefelt, muligens med møtelommer, selv om de har trafikk i begge retninger. I de aktuelle analysene er kun segmenter med **kjørefeltbredder på minst 2,5 meter** tatt med. Dermed

er trolig de aller fleste veger som har kun ett kjørefelt utelukket, samtidig som de fleste veger som faktisk er tofeltsveger, er tatt med.

Tabell 12 viser standardkrav som gjelder for veg-, skulder- og kjørefeltbredde i de ulike klassene. Minstekrav på L1 veger (ÅDT < 1500) er en kjørefeltbredde på 2,75. Som minimumskrav for oppmerking av midtlinje definerer Statens vegvesen (2015; håndbok N302) en samlet asfaltert bredde på 6 meter og en minste kjørefeltbredde på 2,75 meter. Veger med kjørefeltbredder på 2,5-2,74 meter (som er tatt med i de aktuelle analysene) oppfyller følgelig ikke minstekravene for tofeltsveger.

Tabell 11: Standardkrav for vegklassene i datasettet etter N100.

	H1	Hø1	Hø2	L1
<b>ADT</b>	<6000	<4000	<12000	<1500
<b>Fartsgrense</b>	80/90 km/t	80 km/t	60 km/t	80/60 km/t
<b>Vegbredde</b>	9 m	7,5 m	7,5 m	6,5 m <sup>1</sup>
<b>Skulder</b>	1 m	0,75 m	0,75 m	0,5 m
<b>Kjørefelt</b>	3,25 m	3 m	3 m	2,75 m
<b>Skille mellom kjøreretninger</b>	0,5 m			

<sup>1</sup> I N100 er 7.5 meter oppgitt som krav, men summen av skulder- og kjørefeltbredde er 6,5 meter.

Vegene i datafilen har verken midtdeler eller -rekkverk. Hvorvidt vegene har midt-oppmerking er ukjent, men alle vegene er åpne for trafikk i begge retninger.

Kryss, rundkjøringer, tunneler og broer inngår ikke i datasettet

## Segmentene

Vegsegmenter på under 100 og over 500 meter er tatt ut. Segmenter med manglende informasjon om minst en av modellvariablene er også tatt ut av Pokorny et al. (2020). Det er ikke kjent hvilken andel av veglengden eller ulykkene disse segmentene utgjør.

## Ulykker

Alle ulykkene er ulykkestyper hvor Pokorny et al. (2020) antar at de kan være direkte relatert til vegbredden: Møteulykker og utforkjøringsulykker. Øvrige ulykkestyper, samt utforkjøring med motorsykkel er ikke tatt med. Det er ikke opplyst hvilken andel av alle ulykkene slike ulykker utgjør på de aktuelle vegene.

Alle ulykker er personskaadeulykker.

Pokorny et al. (2020) har gjort separate analyser for ulykker om sommeren vs. vinteren og for ulykker med ulike skadegrader. De aktuelle analysene fokuserer kun på det totale antall ulykker (av de spesifiserte typene).

## 4.2 Metode

Det er gjort deskriptive analyser hvor antall ulykker per mill. kjøretøykilometer er sammenlignet mellom veger med ulike bredder.

I tillegg er det utviklet ulykkesmodeller for å undersøke sammenhengen mellom breddevariablene og antall ulykker med statistisk kontroll for ulike andre variabler. For å utvikle ulykkesmodellene er det brukt den samme metoden som av Høye (2016):

- Negativ binomial regresjon
- Avhengig variabel er antall ulykker per segment

- Segmentlengde er eksponeringsvariabel (koeffisienten settes automatisk lik én, dvs. at man forutsetter en lineær sammenheng mellom segmentlengde og antall ulykker)
- $\ln(\text{AADT})$  er prediktor for trafikkmengde, dvs. at man forutsetter at den samme prosentvise økningen av trafikkmengden alltid medfører den samme prosentvise endringen av antall ulykker, uavhengig av hvor høy trafikkmengden er i utgangspunktet.
- Variabel overspredningsparameter med  $\ln(\text{AADT})$  og  $\ln(\text{segmentlengde})$  som prediktorer.

Prediktorvariablene i alle ulykkesmodellene er, i tillegg til  $\text{AADT}$  og segmentlengde:

- Fartsgrense: Tre dummyvariabler for fartsgrense 60, 70 og 80 km/t (80 km/t er referansekategori)
- Kurver: Syv dummyvariabler for kurver, tre typer kurver (kurve i samme retning, kurver med varierende kurveretning og kurve etter rett strekning) og to ulike kurveradius (over eller under 200 meter). Rette strekninger (kurveradius over 1750 meter) er referansekategori.
- Region: Fem dummyvariabler for region Nord, Sør, Vest, Øst og Midt med Sør som referansekategori
- Andel tunge kjøretøy: Tre dummyvariabler for høy, middels og lav andel (middels andel som referansekategori).

Databearbeidingen og deskriptive analyser er gjort i Excel, mens ulykkesmodellene er beregnet i Stata.

### 4.3 Deskriptiv statistikk

Tabell 13 viser deskriptiv statistikk for vegsegmentene som er inkludert i de oppdaterte analysene, delt opp etter veg-, skulder-, kjørefeltbredde og trafikkmengden. Mer detaljert deskriptiv statistikk er vist i vedlegg C.

Tabell 12: Deskriptiv statistikk for trafikkmengde i vegbreddekategoriene.

Seg- men- ter	Ulykker			Km veg			Mill. kjt.km			Ulykker pr mill. kjt.kjm	ÅDT	
	Antall	Antall	%	Kum. %	Antall	%	Kum. %	Antall	%	Kum. %	Gjsn.	Gjsn.
<b>Vegbredde</b>												
5,0 - 5,5 m	3098	49	2,8%		598	6,1%		753	2,5%		0,065	697
5,51 - 6,0 m	7912	204	11,8%	15%	1542	15,7%	22%	2595	8,5%	11%	0,079	936
6,01 - 6,5 m	13260	414	23,9%	39%	2591	26,4%	48%	6175	20,3%	31%	0,067	1314
6,51 - 7,0 m	12506	459	26,5%	65%	2438	24,8%	73%	7808	25,7%	57%	0,059	1753
7,01 - 7,5 m	7980	346	20,0%	85%	1558	15,9%	89%	6648	21,9%	79%	0,052	2335
7,51 - 8,0 m	3701	162	9,4%	94%	714	7,3%	96%	3884	12,8%	92%	0,042	2976
8,01 - 8,5 m	1340	69	4,0%	98%	260	2,6%	99%	1771	5,8%	97%	0,039	3783
8,51 - 9,0 m	436	17	1,0%	99%	82	0,8%	100%	513	1,7%	99%	0,033	3498
9,01 - 9,5 m	116	8	0,5%	100%	23	0,2%	100%	121	0,4%	100%	0,066	3149
10,01 - 11,1 m	94	4	0,2%	100%	18	0,2%	100%	137	0,5%	100%	0,029	4180
<b>Skulder</b>												
0 m	7456	247	14,3%		1417	14,4%		4077	13,4%		0,061	1554
0,01 - 0,25 m	14880	561	32,4%	47%	2911	29,6%	44%	8967	29,5%	43%	0,063	1689
0,26 - 0,50 m	17822	619	35,7%	82%	3484	35,5%	80%	11158	36,7%	80%	0,055	1763
0,51 - 0,75 m	7639	226	13,0%	95%	1495	15,2%	95%	4565	15,0%	95%	0,050	1700
0,76 - 1,00 m	1851	55	3,2%	99%	363	3,7%	98%	1104	3,6%	98%	0,050	1760
1,01 - 2,00 m	795	24	1,4%	100%	154	1,6%	100%	535	1,8%	100%	0,045	1904
<b>Kjørefelt</b>												
2,50 m	1420	18	1,0%		255	2,6%		247	0,8%		0,073	526
2,51 - 2,75 m	12133	213	12,3%	13%	2371	24,1%	27%	3056	10,0%	11%	0,070	721
2,76 - 3,00 m	18583	583	33,7%	47%	3626	36,9%	64%	8835	29,1%	40%	0,066	1361
3,01 - 3,25 m	12088	551	31,8%	79%	2364	24,1%	88%	9762	32,1%	72%	0,056	2275
3,26 - 3,50 m	4735	272	15,7%	95%	920	9,4%	97%	5758	18,9%	91%	0,047	3394
3,510 - 3,75 m	1484	95	5,5%	100%	288	2,9%	100%	2749	9,0%	100%	0,035	5092
<b>ÅDT</b>												
0 - 500	13272	102	5,9%		2627	26,7%		1397	4,6%		0,073	291
500 - 1000	11409	231	13,3%	19%	2208	22,5%	49%	2886	9,5%	14%	0,080	715
1000 - 2000	11992	484	27,9%	47%	2317	23,6%	73%	5939	19,5%	34%	0,081	1405
2000 - 4000	8939	514	29,7%	77%	1743	17,7%	91%	8609	28,3%	62%	0,060	2704
4000 - 23500	4831	401	23,2%	100%	928	9,4%	100%	11575	38,1%	100%	0,035	6806
<b>Alle</b>	<b>50443</b>	<b>1732</b>			<b>9823</b>			<b>30406</b>			<b>0,057</b>	<b>1703</b>

Tallene i tabell 13 viser at de aller fleste vegene er smale. Veger opptil 7,0 meter bredde utgjør godt over halvparten av alle ulykkene, vegkilometerne og kjøretøykilometerne og veger på opptil 7,5 meter bredde utgjør omtrent 80%. Skulderbredden er for det meste opptil 0,50 meter og kjørefeltbredden er for det meste opptil 3,25 meter.

Tabell 14 viser bivariate korrelasjoner mellom breddevariablene og trafikkmengde.

Kjørefelt- og skulderbredde henger relativt tett sammen med vegbredden, men nesten ikke med hverandre. ÅDT henger middels tett sammen med veg- og kjørefeltbredde, men ikke med skulderbredde.

Tabell 13: Bivariate korrelasjoner mellom breddevariablene og trafikkmengde.

	Kjørefeltbredde	Skulderbredde	ÅDT
<b>Vegbredde</b>	0,726	0,710	0,349
<b>ÅDT</b>	0,475	0,022	
<b>Skulderbredde</b>	0,031		

## 4.4 Resultater

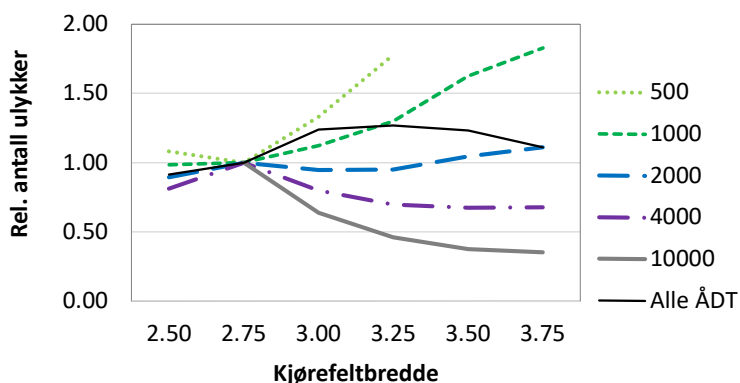
Sammenhengen mellom breddevariablene og antall ulykker er undersøkt i to trinn. Først (avsnitt 4.4.1) er sammenhengen mellom hver av breddevariablene og antall ulykker undersøkt, både med hjelp av deskriptive analyser og med hjelp av ulykkesmodeller. Her er det også undersøkt hvorvidt trafikkmengde er en relevant moderatorvariabel, dvs. hvorvidt sammenhengene mellom bredde og ulykker varierer mellom vegger med ulik trafikkmengde. I det andre trinnet (avsnitt 4.4.2) er effekten av kjørefeltbredden undersøkt ved ulike vegbredder. Formålet med disse analysene er å undersøke hvordan antall ulykker påvirkes av ulike fordelinger av kjørefelt- og skulderbredde på eksisterende vegbredder.

### 4.4.1 Effekter av veg-, kjørefelt- og skulderbredde (uten interaksjonseffekter mellom breddevariablene)

#### Breddevariablene som dummy- eller kontinuerlige variabler?

Pokorny et al. (2020) har benyttet dummyvariabler for de tre breddevariabler for å fange opp eventuelle ikke-monotone sammenhenger mellom bredde og antall ulykker. For å undersøke hvorvidt breddevariablene skal defineres som dummy- eller kontinuerlige variabler i den aktuelle analysen, er det beregnet ulykkesmodeller med begge typer variabler. Resultatene viser at, selv om ikke alle sammenhengene er strengt monotone, er det ingen tendens til noen verken U-formet eller omvendt U-formet sammenheng mellom breddevariablene. For veg- og skulderbredde gjelder dette med og uten å ta hensyn til interaksjonseffekter med ÅDT.

For **kjørefeltbredde** tyder analysen uten interaksjon med ÅDT på at det er en omvendt U-formet sammenheng med antall ulykker, dvs. at antall ulykker er høyest ved middels kjørefeltbredde (2,75-3,50 meter) og lavere på vegger med både smalere og bredere kjørefelt. Dette gjelder imidlertid ikke lenger når man tar hensyn til interaksjonseffekten med ÅDT. Innenfor de enkelte ÅDT-kategoriene er alle sammenhengene monotone fra en kjørefeltbredde på over 2,5 meter (den smaleste kategoriene omfatter kun kjørefelt med nøyaktig 2,5 meter bredde). Dette innebærer at sammenhengen mellom kjørefeltbredde og antall ulykker som gjelder for alle ÅDT, gir misvisende resultater og at den ikke kan generaliseres.



Figur 3: Sammenhengen mellom kjørefeltbredde i meter (dummyvariabler) og ulykker, med (fargede linjer) og uten (svart linje) interaksjon med ÅDT (breddekatgorier: 2,50; 2,50-2,75; ...).

#### Resultater med bredde som kontinuerlige variabler

Figur 4 viser sammenhengene mellom breddevariablene og ulykker for ulike ÅDT-grupper. Til venstre i figuren vises sammenhengen mellom veg-, kjørefelt- og skulderbredde og det



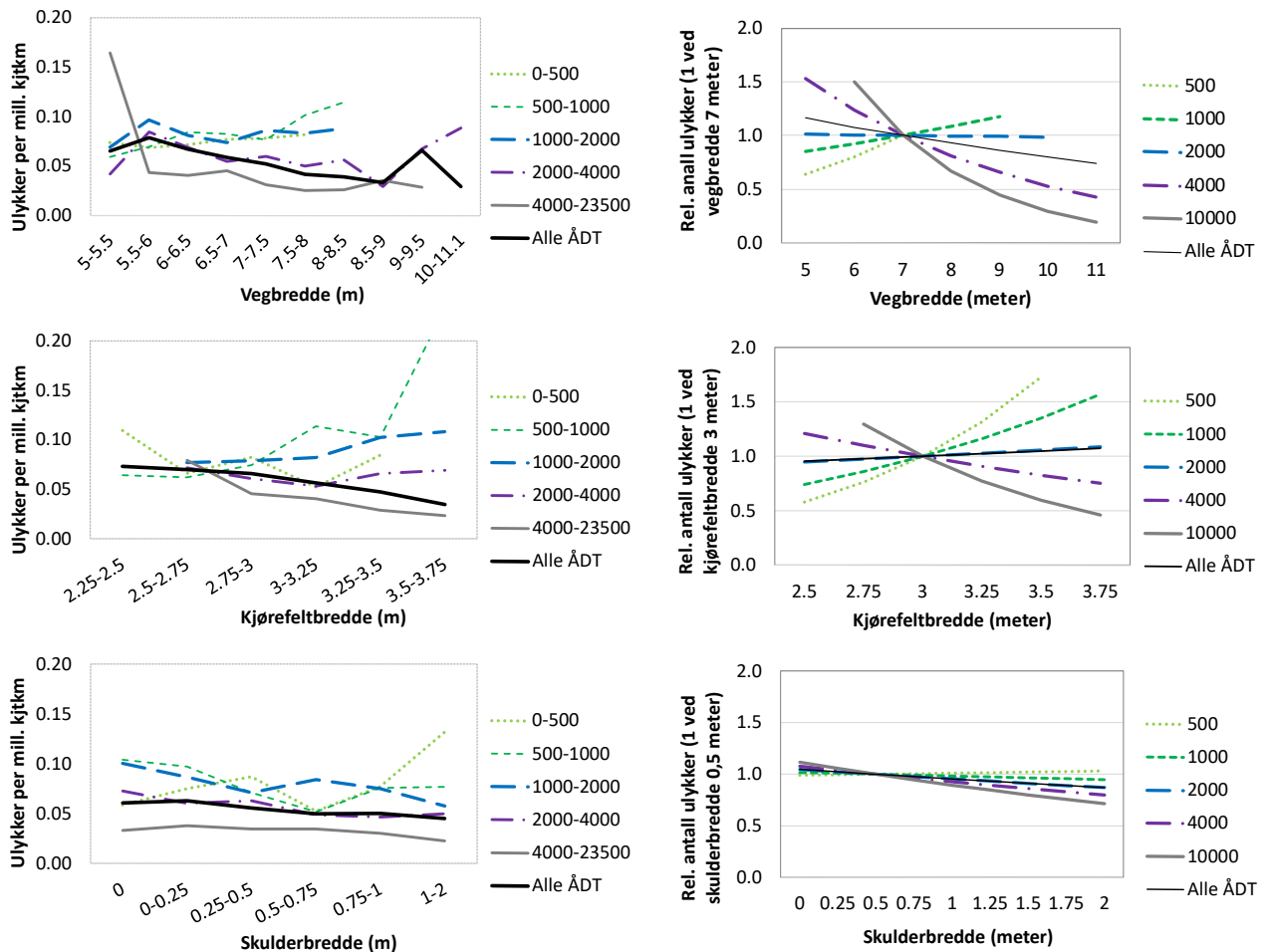
relative antall ulykker per kjøretøykilometer, både totalt og per ÅDT-gruppe. Kun kombinasjoner av vegbredde og ÅDT som har minst to ulykker, er tatt med.

Til høyre i figuren vises de samme sammenhengene, men her er de basert på til sammen seks ulykkesmodeller. Modellene har følgende prediktorvariabler:

Diagram for	Breddeprediktorer i modell 1	Breddeprediktorer i modell 2
<b>Vegbredde</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vegbredde</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vegbredde</li> <li>▪ Interaksjon mellom vegbredde og ÅDT</li> </ul>
<b>Kjørefeltbredde</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vegbredde</li> <li>▪ Kjørefeltbredde</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vegbredde</li> <li>▪ Kjørefeltbredde</li> <li>▪ Interaksjon mellom kjørefeltbredde og ÅDT</li> </ul>
<b>Skulderbredde</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vegbredde</li> <li>▪ Skulderbredde</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vegbredde</li> <li>▪ Skulderbredde</li> <li>▪ Interaksjon mellom skulderbredde og ÅDT</li> </ul>

Alle modellene har trafikkmengde, fartsgrense, kurver, region, segmentlengde som prediktorvariabler i tillegg til breddevariablene. Modellene med koeffisienter for alle prediktorvariablene er vist i en xls-fil som er lagt ved rapporten.

På Y-aksen i diagrammene på høyre side i figur 4 vises relative antall ulykker som er satt lik én ved samme bredde innenfor hver ÅDT-gruppe. Linjene kan følgelig *ikke* sammenlignes mellom ÅDT-gruppene og sier *ingenting* om sammenhengen mellom ÅDT og ulykker eller ulykkesrisiko.



Figur 4: Sammenhengen mellom breddevariablene og ulykker; venstre: Ulykker per mill. kjøretøykilometer etter veg-, skulder- og kjørefeltbredde og ÅDT (kun resultater basert på minst to ulykker vises i figuren); høyre: relative antall ulykker etter veg-, skulder- og kjørefeltbredde og ÅDT (basert på ulykkesmodeller; relativt antall er satt lik én for samme bredde i hver ÅDT-gruppe).

Sammenhengen mellom breddevariablene og antall ulykker er relativt sammenfallende mellom de to typer analyser (ulykker med kjøretøykilometer og resultater fra ulykkesmodeller).

Økende **veg- og kjørefeltbredde** medfører økende antall ulykker ved lav ÅDT og synkende antall ulykker ved høy ÅDT. Resultatene for alle ÅDT sett under ett er mest påvirket av ÅDT mellom 2000 og 4000 (hvor det er flest ulykker). Ved høyere eller lavere ÅDT ville resultatene for «Alle ÅDT» være misvisende og de kan derfor ikke generaliseres. Ved hvilken ÅDT sammenhengen skifter fortegn, er imidlertid forskjellig. Ifølge ulykkesmodellene medfører økning i kjørefeltbredder færre ulykker når trafikkmengden er over ca. 2300, og økning i vegbredde medfører færre ulykker når trafikkmengden er over 1500.

En mulig forklaring på at økende bredde medfører flere ulykker ved lav ÅDT kan være at farten i større grad øker. Det økende antall ulykker kan dermed være en følge av fartsendringen, og ikke en direkte effekt av breddeøkningen.

Effektene av vegbredden er statistisk signifikante (både for alle ÅDT og i modellen med interaksjon mellom vegbredde og ÅDT). Effektene av kjørefeltbredde er ikke statistisk signifikant når man ser på alle ÅDT under ett, men i modellene med interaksjonseffektene mellom bredde og ÅDT er effektene av kjørefeltbredde samt tilhørende interaksjon med ÅDT statistisk signifikante.

Økning i **skulderbredde** medfører en svak nedgang i antall ulykker, mest for veger med høy ÅDT. Effektene av skulderbredde og tilhørende interaksjon med ÅDT er ikke signifikante.

De gjennomsnittlige effektene av breddeøkninger på 30 cm for alle tre breddevariablene er vist i tabell 15.

Tabell 14: Gjennomsnittlige effekter av breddeøkninger på 30 cm for veg-, kjørefelt- og skulderbredde basert på ulykkesmodellene (modellene med interaksjonseffekter mellom bredde og ÅDT for ÅDT 500, ...4000, modell uten interaksjonseffekt mellom bredde og ÅDT for alle ÅDT).

ÅDT	Vegbredde +30 cm	Kjørefeltbredde +30 cm	Skulderbredde +30 cm
500	+7,0 %	+38,8%	+0,6%
1000	+2,4 %	+19,8%	-1,1%
2000	-2,0 %	+3,4%	-2,7%
4000	-6,1 %	-10,8%	-4,4%
Alle ÅDT	-2,8 %	+2,8%	-2,8%

#### 4.4.2 Effekter av kjørefeltbredde ved gitt vegbredde

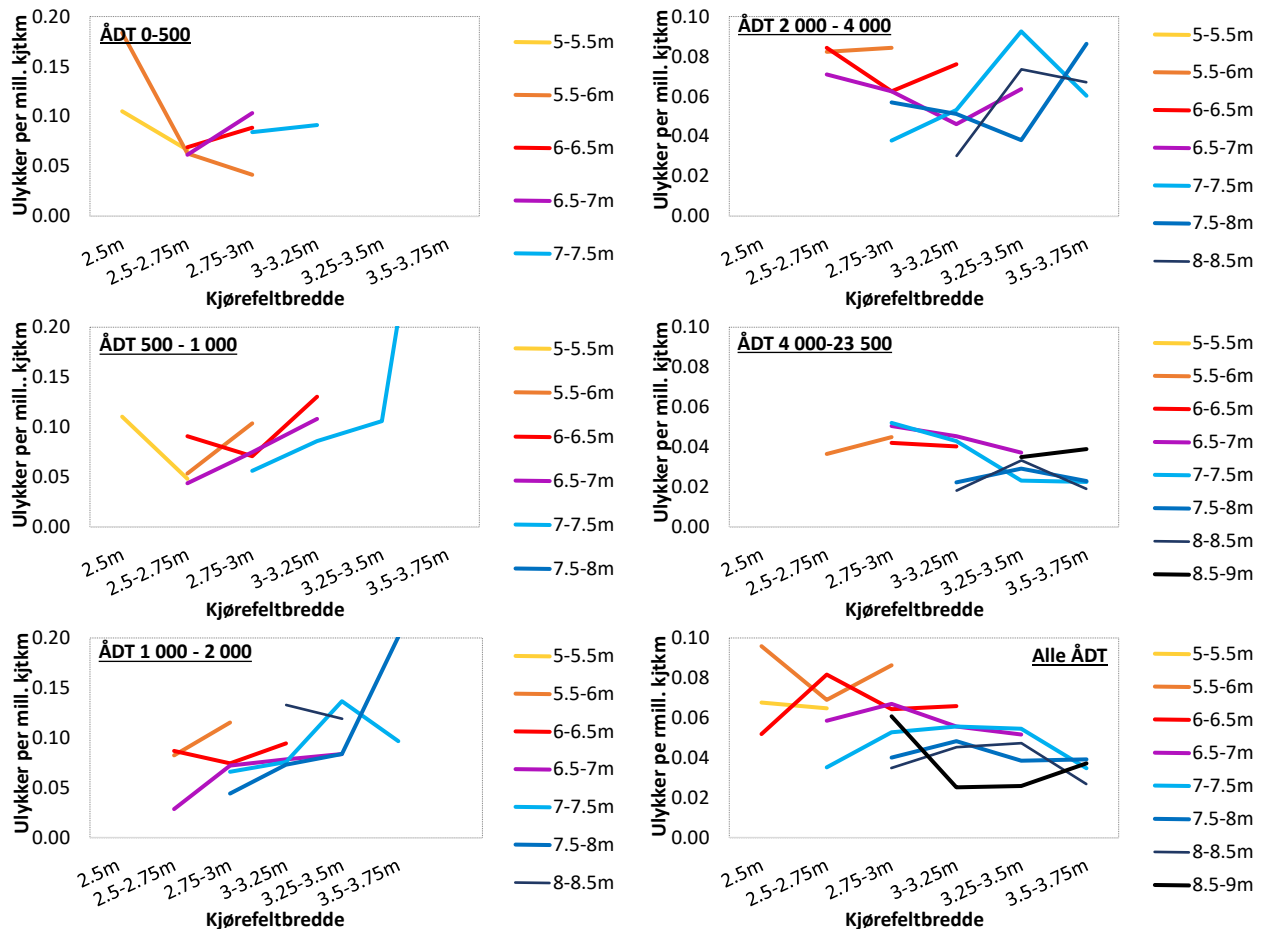
Dette avsnittet skal belyse spørsmålet om hvorvidt det er bedre (trafiksikkerhetsmessig) å benytte eksisterende vegbredde til bredere kjørefelt eller til bredere skuldre. Siden vegbredden er en kontinuerlig variabel (kan ha alle mulige verdier mellom minste og største vegbredde) er det to mulige tilnærminger:

- Vegene deles inn i **breddegrupper** og man ser på sammenhengen mellom kjørefeltbredde og ulykker: Med denne tilnærmingen er det beregnet antall ulykker per mill. kjøretøykilometer for ulike kombinasjoner av vegbredde, kjørefeltbredde og ÅDT. Det er også beregnet ulykkesmodeller (en modell per vegbredde-kategori med kjørefeltbredde som breddeprediktor)
- Man beregner en kontinuerlig **interaksjonsvariabel** mellom kjørefelt- og vegbredde. Med denne tilnærmingen er det beregnet ulykkesmodeller.

I begge typer analyser ser man kun på effektene av kjørefeltbredde. Sammenhengen mellom skulderbredde og ulykker vil være omtrent omvendt, siden kjørefelt- og skulderbredde er nesten perfekt negativt korrelert innenfor vegbreddegruppene

#### Ulykker per mill. kjøretøykilometer

Figur 5 viser sammenhengen mellom kjørefeltbredde og antall ulykker per mill. kjøretøykilometer veg for en gitt vegbredde (hver linje i figurene representerer én vegbreddekategori) og delt inn etter ÅDT. Ved en gitt vegbredde innebærer økning i kjørefeltbredden at skulderbredden går ned.



Figur 5: Sammenheng mellom kjørefeltbredde og antall ulykker per mill. kjøtkm veg gitt vegbredde (hver linjefarge representerer én vegbredde); kun resultater som er basert på minst to ulykker er tatt med.

Resultatene i figur 5 tyder på at sammenhengen mellom kjørefeltbredde innenfor de enkelte vegbreddegruppene og antall ulykker for det meste er uklar. Dette gjelder især når man ser på alle trafikkmengder under ett (diagram nederst til høyre).

Ved **vegbredder over 5,5 meter** og **ÅDT under 2000** tyder de fleste resultatene på at økende kjørefeltbredde ved uendret vegbredde medfører flere ulykker. Vegbredder over 5,5 meter og ÅDT under 2000 utgjør nesten halvparten av alle ulykkene (45%), over halvparten av vegkilometerne (67%) og 32% av kjøretøykilometerne.

For de **smaleste kjørefeltene** (opptil 2,75 meter) ved **lavest trafikkmengde** (ÅDT < 1000) er det omvendt, her medfører økende kjørefeltbredde færre ulykker. Disse utgjør en relativt liten andel av ulykkene (6%), vegkilometerne (21%) og kjøretøykilometerne (5%).

For **bredere veger og høyere trafikkmengder**, er sammenhengen mellom kjørefeltbredde og antall ulykker for det meste ikke-monoton (dels stigende og dels fallende).

Resultatene kan tyde på at det er en relativt komplisert interaksjonseffekt mellom kjørefeltbredde, vegbredde og trafikkmengde. Den kan tolkes som en mulig tendens, men må betraktes som meget usikkert. Resultatene er basert på ulykker per million kjøretøykilometer, uten kontroll for andre faktorer, og de gjelder grupper av veg- og kjørefeltbredde og ÅDT. Mange av linjene (især for ÅDT under 2000) er korte, dvs. basert på kun to eller tre kjørefeltbredde-kategorier. At sammenhengen mellom kjørefeltbredde (innenfor vegbreddekategoriene) og antall ulykker ser ut til å skifte fortegn flere ganger, gjør at man kan mistenke at den tilsynelatende interaksjonseffekten er basert på tilfeldigheter, heller enn systematiske sammenhenger.

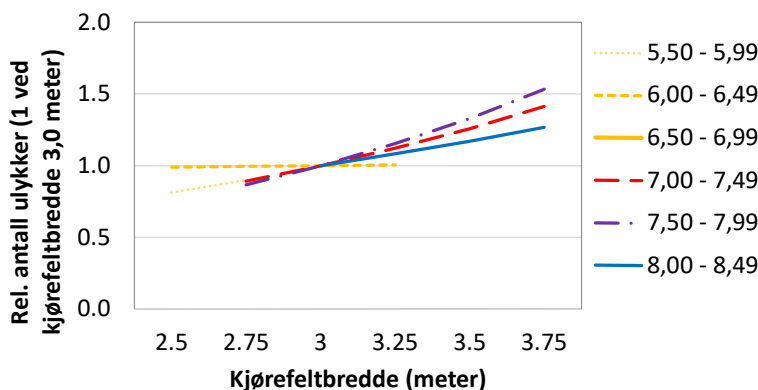
## Ulykkesmodeller

Sammenhengen mellom kjørefeltbredde og antall ulykker ved gitt vegbredde er undersøkt med hjelp av ulykkesmodeller med to ulike tilnærminger: En modell for hver av seks vegbredde kategorier og én samlet modell med interaksjonseffekt mellom kjørefelt- og vegbredde.

**(1) Én modell for hver av seks vegbredde kategorier:** Hver vegbredde kategori omfatter 50 cm (5,5-6,0 meter, 6,0-6,5 meter etc.). Kjørefeltbredde er eneste breddeprediktor i alle modellene. Innenfor hver vegbredde kategori er skulderbredden nesten perfekt negativt korrelert med kjørefeltbredden. Øvrige prediktorvariabler inkludert i alle modellene er trafikkmengde, fartsgrense, kurver, andel tunge kjøretøy og region.

De estimerte sammenhengene mellom kjørefeltbredde og antall ulykker er vist i Figur 6. Hver linje i figuren representerer én vegbreddegruppe (én ulykkesmodell). For vegbreddegruppene 6,50-6,99 meter og over 8,5 meter var det ikke mulig å beregne ulykkesmodeller.

For hver linje er det relative antall ulykker satt lik én for kjørefeltbredde på 3,0 meter. Relative antall ulykker i figuren kan derfor *ikke* sammenlignes mellom linjene. Figuren sier med andre ord *ingenting* om hvordan *vegbredde* og antall ulykker henger sammen.



Figur 6: Sammenheng mellom kjørefeltbredde og relativt antall ulykker (lik én for kjørefeltbredde 3 meter) etter samlet vegbredde; beregninger for vegbredder på under 5,5 meter, 6,5-6,99 meter og over 8,5 meter var ikke mulige.

De fleste linjene i figur 6 tyder på at økende kjørefeltbredde ved (omtrent) uendret vegbredde medfører **økende** antall ulykker. Dette innebærer at økning i skulderbredde medfører færre ulykker.

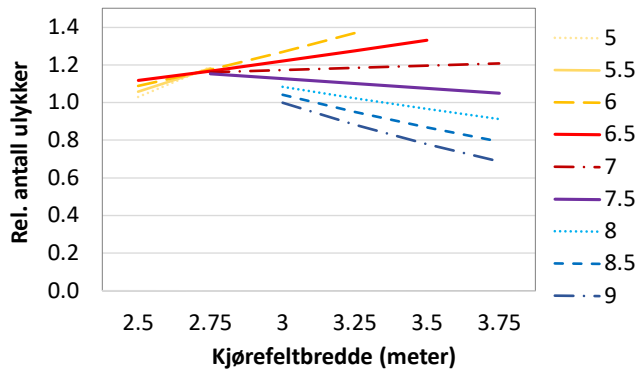
Dette er delvis konsistent med analysene av antall ulykker per mill. kjøretøykilometer i avsnittet over. De viste at økende kjørefeltbredde henger sammen med økende antall ulykker ved trafikkmengder under 2000. Her ser det imidlertid ut som om antall ulykker øker med økende kjørefeltbredde også ved høyere trafikkmengder.

Ingen av prediktorene for kjørefeltbredde er imidlertid statistisk signifikante (p-verdiene for de to linjene som gjelder 7-7,99 meter vegbredde er på henholdsvis 0,13 og 0,18, øvrige p-verdier er betydelig større).

Det er ikke noe klart mønster som tyder på at sammenhengen mellom kjørefeltbredde og ulykker er systematisk forskjellig mellom bredere og smalere veier.

**(2) Én modell med interaksjonseffekt mellom kjørefelt- og vegbredde.** Øvrige prediktorer i modellen er kjørefeltbredde, vegbredde, trafikkmengde, fartsgrense, kurver, andel tunge kjøretøy og region. De estimerte sammenhengene mellom kjørefeltbredde og antall ulykker er vist i Figur 7. Hver linje i figuren representerer én vegbredde.

For hver linje er det relative antall ulykker satt lik én for vegbredde på ni meter og kjørefeltbredde på 3 meter.



Figur 7: Sammenheng mellom kjørefeltbredde og relativt antall ulykker (lik én for vegbredde 9 meter og kjørefeltbredde 3 meter) etter samlet vegbredde – basert på én ulykkesmodell for alle vegger med breddeprediktorer vegbredde, kjørefeltbredde og interaksjon mellom veg- og kjørefeltbredde.

Resultatene i figur 7 viser at økende kjørefeltbredde ved uendret vegbredde medfører:

- **Økende** antall ulykker når vegbredden er på 7,0 meter eller smalere og
- **Synkende** antall ulykker på vegger som er 7,5 meter eller bredere.

Alle effektene av breddevariablene er statistisk signifikante (vegbredde, kjørefeltbredde og interaksjonen mellom veg- og kjørefeltbredde).

At antall ulykker **øker** med økende kjørefeltbredde på vegger opptil 7 meters bredde, er konsistent med øvrige resultater for kjørefeltbredde som er presentert ovenfor.

At antall ulykker **går ned** med økende kjørefeltbredde på vegger over 7 meters bredde derimot, er *ikke* konsistent med verken resultatene fra de enkelte ulykkesmodellene per breddekategori eller med analysen av antall ulykker per million kjøretøykilometer. Sistnevnte fant økende antall ulykker på de fleste vegene med ÅDT under 2000 og uklare sammenhenger ved høyere ÅDT. Siden de aller fleste ulykkene (85%) skjer på vegger med bredder under 7,5 meter, kan man tenke seg følgende forklaring for den tilsynelatende nedgangen av antall ulykker med økende kjørebredde på bredere vegger: Sammenhengen mellom kjørefeltbredde og antall ulykker er *svakere* på bredere vegger enn på smalere vegger og modellen har best tilpasning for de vegbredder som det finnes flest av. Siden alle prediktorvariablene er kontinuerlige variabler, har dette ført til at sammenhengen mellom kjørefeltbredde og ulykker skifter fortegn for de bredeste vegene (med få ulykker) istedenfor bare å bli svakere. Det synkende antall ulykker på de bredeste vegene er derfor trolig et metodisk artefakt og ikke en reell effekt.

#### 4.4.3 Hvordan skal man tolke resultatene?

Tabell 16 oppsummerer resultatene fra de ulike analysene av sammenhengen mellom veg-, skulder- og kjørefeltbredde og antall ulykker.

Tabell 15: Oppsummering av effekten av økt kjørefeltbredde ved uendret vegbredde på norske tofeltsveger.

Bredere...	Antall ulykker	Kilde
Veg	Alle ÅDT: Synkende ÅDT ≤ 1000: Økende ÅDT ≥ 2000: Synkende	Deskriptiv analyse og ulykkesmodell med/uten interaksjon vegbredde*ÅDT (Figur 4)
Kjørefelt	Alle ÅDT: Økende ÅDT ≤ 2000: Økende ÅDT ≥ 4000: Synkende	Deskriptiv analyse og ulykkesmodell med kontroll for vegbredde, med/uten interaksjon kjørefeltbredde*ÅDT (Figur 4)
Kjørefelt (uendret vegbredde)	Alle veger: Uklart Veg > 5,5 meter, ÅDT < 2000: Økende Kjørefelt < 1,75m, ÅDT < 1000: Synkende For øvrig: Uklart.	Deskriptiv analyse (Figur 5)
	Alle veger: Økende (svak, ikke-signifikant)	Ulykkesmodeller (én modell per vegbreddekategori) (Figur 6)
	Smale veger (≤ 7,0 meter): Økende Brede veger (≥ 7,5 meter): Synkende	En ulykkesmodell med interaksjon mellom kjørefelt- og vegbredde (Figur 7)
Skulder	Alle ÅDT: Synkende ÅDT ≤ 1000: Uendret ÅDT ≥ 2000: Synkende	Deskriptiv analyse og ulykkesmodell med kontroll for vegbredde, med/uten interaksjon skulderbredde*ÅDT (Figur 4)

**Vegbredde:** Økende vegbredde medfører i gjennomsnitt **færre** ulykker, men på veger med lav trafikkmengde er det omvendt, dvs. at økende vegbredde medfører flere ulykker. At antall ulykker på de fleste vegene går ned med økende vegbredde, er konsistent med resultatene fra litteraturstudien (kapittel 3). Interaksjonseffekter med trafikkmengde er ikke undersøkt i andre studier og de fleste vegene i andre studier har trafikkmengder over 1000.

**Kjørefeltbredde:** Samlet sett tyder resultatene på at økende kjørefeltbredde for det meste medfører **flere** ulykker. Dette gjelder både når man kontrollerer statistisk for vegbredde og når man ser på sammenhengen mellom kjørefeltbredde og ulykker innenfor enkelte vegbredde kategorier.

Unntak er veger med høy ÅDT ( $\geq 2300$ ) og brede veger ( $\geq 7,5$  meter). Her *kan* det være omvendt, dvs. at økende kjørefeltbredde medfører færre ulykker. Dette er imidlertid usikkert. Især for brede veger kan effekten være et resultat av modellutviklingen (se forklaringen på slutten av avsnitt 4.4.2).

**Skulderbredde:** Økende skulderbredde medfører i gjennomsnitt synkende antall ulykker når man kontrollerer for vegbredden. Resultatene for kjørefeltbredde (ved uendret vegbredde) tyder på at økende skulderbredde også medfører færre ulykker når man holder vegbredden uendret, unntatt muligens ved høy ÅDT og på brede veger.

## 5 Oppsummering

Denne rapporten beskriver en litteraturstudie av sammenhengen mellom geometriske elementer i tverrsnittet og trafikksikkerheten, målt som effekten på antall drepte og hardt skadde/antall personskadeulykker. I tillegg er det gjort en oppdatert analyse av norske ulykkesdata, for å belyse sammenhengen mellom breddevariabler og ulykker på tofeltsveger.

Resultatene er i all hovedsak i tråd med forventningene:

**Vegbredde: Brede** veger medfører **færre** ulykker. Dette gjelder imidlertid ikke nødvendigvis meget brede veger (f.eks. over 14 meter), eller veger med veldig liten trafikk eller uten asfaltdekke.

På norske tofeltsveger er den gjennomsnittlige ulykkesnedgangen per 30 cm økning av vegbredden på 2,2%. Nedgangen er større ved høyere trafikkmengde. På veger med lav trafikkmengde (ÅDT < 1500) medfører økende vegbredde flere ulykker.

**Skulderbredde: Brede** skuldre medfører **færre** ulykker enn smalere skuldre og asfalterte skuldre medfører færre ulykker enn ikke-asfalterte skuldre.

Økning i skulderbredde medfører som regel større ulykkesreduksjoner:

- Ved **høyere trafikkmengde**
- Når **vegskuldrene** i utgangspunktet er **smale** (og ingen ulykkesreduksjoner når skuldrene allerede er omtrent like brede som vanlige kjørefelt)
- For **eneulykker** (vs. flerpartsulykker)
- I **kurver** (vs. på rette strekninger).

På norske tofeltsveger er den gjennomsnittlige ulykkesnedgangen per 30 cm økning av skulderbredden på 2,8%. Nedgangen er noe større ved høyere trafikkmengder og antall ulykker er omtrent uendret ved trafikkmengder på under 1000.

**Kjørefeltbredde: Brede** kjørefelt **kan** medføre **færre** ulykker, men dette er inkonsistent mellom studiene. Økende kjørefeltbredde er trolig mest positivt for trafikksikkerheten ved **høy trafikkmengde** (på norske tofeltsveger: ÅDT over 2000).

På norske tofeltsveger medfører økende kjørefeltbredde økende antall ulykker på veger med ÅDT < 2300 og synkende antall ulykker på veger med ÅDT > 2300. En mulig forklaring er at økende bredde medfører høyere fart på veger med relativt lite trafikk, men ikke på veger med mye trafikk.

Ved **uendret vegbredde** medfører **brede** kjørefelt som regel **flere** ulykker. Noen studier viser det motsatte under spesifikke forutsetninger eller ingen sammenheng, men uten at det er noe systematikk i resultatene. Ingen studier viser at brede kjørefelt ved uendret vegbredde generelt medfører færre ulykker.

At det er mer fordelaktig å benytte eksisterende vegbredde på bredere skuldre, heller enn brede kjørefelt, støttes av øvrige empiriske studier som har undersøkt virkningene av kjørefelt- og skulderbredde hver for seg. Disse viser gjennomgående at økende skulderbredde medfører færre ulykker, især på veger med mange kurver og eneulykker, mens resultater for kjørefeltbredde er mer inkonsistente.

Både for skulder- og kjørefeltbredde er det funnet de mest positive sikkerhetseffekter av økende bredde ved høy trafikkmengde.



**Antall kjørefelt:** Flere kjørefelt medfører (som regel) færre ulykker. Dette skyldes imidlertid i hovedsak andre forskjeller mellom vegene (f.eks. at flerfeltsveger oftere har midtrekkverk og generelt høyere standard). Firefeltsveger uten midtdeler kan ha færre ulykker enn tofeltsveger (især ved lav trafikkmengde), men de kan også ha flere ulykker enn tofeltsveger (især ved høy trafikkmengde). Når en økning i antall kjørefelt går på bekostning av kjørefelt- eller skulderbredde (smalere kjørefelt og/eller skuldre for å få plass til flere kjørefelt), kan antall ulykker også øke.

**Midtdeler:** Veger med midtdeler har i gjennomsnitt færre ulykker enn veger uten midtdeler. Dette skyldes (helt eller delvis) andre faktorer enn midtdeler (som bl.a. generelt høyere vegstandard, midtrekkverk mv.). Det er ikke funnet studier som har undersøkt effekten av å installere midtdeler uten andre større endringer i vegstandard.

Motorveger med bredere midtdeler har i gjennomsnitt færre ulykker enn motorveger med smalere midtdeler, især ved lav trafikkmengde og når vegen ikke har midtrekkverk.

Når man sammenligner veger med omtrent samme totale vegbredde, har veger med bred midtdeler og få kjørefelt i gjennomsnitt færre ulykker enn veger med smal midtdeler og flere kjørefelt.

**Forbikjøringsfelt:** Forbikjøringsfelt medfører som regel en nedgang i antall ulykker. For personskadeulykker ble det funnet en ulykkesnedgang på 33%.

**Sideterreng:** Vegens sideterreng har betydning for skadegraden i utforkjøringsulykker. Især trær, stolper og fjellskjæringer utgjør stor risiko for alvorlige skader ved påkjøring. Grøfter og vann medfører også i gjennomsnitt høyere skadegrad i utforkjøringsulykker.

Sikkerhetssoner langs vegen som er frie for faste hindre, reduserer antall utforkjøringsulykker, mest i kurver og ved høy trafikkmengde. I tettbygd strøk kan trær langs vegen redusere antall ulykker, men også her går antall ulykker ned med økende avstand mellom veg og trær.

## 6 Referanser

- AASHTO (2019). Highway Safety Manual Spreadsheet Tools: Rural Multilane Highways Spreadsheet v3.0. <http://www.highwaysafetymanual.org/Pages/Tools.aspx> (last accessed July 20, 2020).
- Abdel-Aty, M., Lee, C., Park, J., Wang, J., Abuzwidah, M., & Al-Arifi, S. (2014). Validation and application of highway safety manual (Part D) in Florida. Florida Department of Transportation.
- Abdel-Rahim, A., & Khan, M. (2012). Potential Crash Reduction Benefits of Safety Improvement Projects—Part A: Shoulder Rumble Strips. National Institute for Advanced Transportation Technology, Report No. FHWA-ID-12-191A.
- Ahmed, M. M., Abdel-Aty, M., & Park, J. (2015). Evaluation of the Safety Effectiveness of the Conversion of Two-Lane Roadways to Four-Lane Divided Roadways: Bayesian Versus Empirical Bayes. *Transportation Research Record*, 2515(1), 41–49.
- Albuquerque, F.D.B de & Awadalla, D.M. (2020). Roadside Fixed-Object Collisions, Barrier Performance, and Fatal Injuries in Single-Vehicle, Run-Off-Road Crashes. *Safety* 2020, 6(2), 27.
- Allaire, C., Ahner, D., Abarca, M., Adgar, P., & Long, S. (1996). Relationship Between Side Slope Conditions and Collision Records in Washington State. Report WA-RD 425.1. Washington State Department of Transportation.
- Al-Masaeid, H. R. (1997). Impact of pavement condition on rural road accidents. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 24(4), 523-531.
- Anarkooli, A. J., Hosseinpour, M., & Kardar, A. (2017). Investigation of factors affecting the injury severity of single-vehicle rollover crashes: A random-effects generalized ordered probit model. *Accident Analysis & Prevention*, 106, 399-410.
- Arévalo-Támara, A., Orozco-Fontalvo, M., & Cantillo, V. (2020). Factors Influencing Crash Frequency on Colombian Rural Roads. *Promet – Traffic & Transportation*, 32(4), 449-460.
- Avelar, R. E., & Dixon, K. K. (2011). Modelling the Safety Effect of Advisory Speed Signs: A Bivariate Multiplicative Factor on Number of Crashes Based on the Speed Differential and the Side Friction Demand. Paper presented at the Proc., 3rd International Conference on Road Safety and Simulation.
- Bédard, M., Guyatt, G. H., Stones, M. J., & Hirdes, J. P. (2002). The independent contribution of driver, crash, and vehicle characteristics to driver fatalities. *Accident Analysis & Prevention*, 34(6), 717-727.
- Bendigeri, V. G. (2009). Analysis of factors contributing to roadside tree crashes in South Carolina. Clemson University, AAT 1473302.
- Bonneson, J.A., Zimmerman, K., & Fitzpatrick, K. (2006). Interim Roadway Safety Design Workbook. FHWA/TX-06/0-4703-P4. Texas Department of Transportation, Austin, Texas.
- Boodlal, L., Donnell, E.T., Porter, R.J., Garimella, D., Le, T., Croshaw, K., Himes, S., Kulis, P., & Wood, J. (2015). Factors Influencing Operating Speeds and Safety on Rural and Suburban Roads. Report FHWA-HRT-15-030.
- Brimley, B. K., Saito, M., & Schultz, G. G. (2012). Calibration of Highway Safety Manual Safety Performance Function. *Transportation Research Record*, 2279, 82–89.
- Cafiso, S., D'Agostino, C., & Kiec, N. (2017). Investigating the influence of passing relief lane sections on safety and traffic performance. *Journal of Transport & Health*, 7(A), 38-47.
- Cafiso, S., Di Graziano, A., Di Silvestro, G., La Cava, G., & Persaud, B. (2010). Development of comprehensive accident models for two-lane rural highways using exposure, geometry, consistency and context variables. *Accident Analysis & Prevention*, 42(4), 1072-1079.
- Calvi, A. (2015). Does Roadside Vegetation Affect Driving Performance?: Driving Simulator Study on the Effects of Trees on Drivers' Speed and Lateral Position. *Transportation Research Record*, 2518(1), 1-8.
- Carlsson, A. & Lundkvist, S.O. (1992). Breda körfält på motortrafikled. Trafikanteffekter vid alternativ vägbanemålning på motortrafikled. VTI-meddelande 687. Statens väg- och trafikinstitut (VTI), Linköping.
- Carlsson, A. (2009). Uppföljning av mötesfria vägar. VTI-Rapport 636. Linköping.
- Council, F.M. & Stewart, R. (1999). Safety Effects of the Conversion of Rural Two-Lane Roadways to Four-Lane Roadways. The Highway Safety Information Systems (HSIS) Summary report.
- Council, F.M., Mohamedshah, Y.M., & Stewart, J.R. (1998). Effects of Air Bags on Severity Indexes for Roadside Objects. *Transportation Research Record*, 1581, 66-71.
- Delaney, A., Langford, J., Corben, B. F., Newstead, S. V., & Jacques, N. (2002). Roadside environment safety. Contract report prepared for RACV by Monash University Accident Research Centre.

- Delays, N. J., & Parada, L. O. (1986). Rollover potential of vehicles on embankments, sideslopes and other roadside features. Volume II-technical report. Report no. FHWARD-86-164. Washington, DC: Federal Highway Administration.
- DeLuca, F. J. (1986). Effect of Lane Width Reduction on Safety and Flow. In: Effectiveness of Highway Safety Improvements. Proceedings of the Conference, 218-230 (Carney, J. F. ed). American Society of Civil Engineers, New York, NY.
- Donnell, E. T., Gayah, V. V., & Jovanis, P. (2014). Safety Performance Functions. Report FHWA-PA-2014-007-PSU WO 1. Thomas D. Larson Pennsylvania Transportation Institute, The Pennsylvania State University.
- Donnell, E. T., Karwa, V., & Sathyanarayanan, S. (2009). Analysis of effects of pavement marking retroreflectivity on traffic crash frequency on highways in North Carolina: application of artificial neural networks and generalized estimating equations. *Transportation Research Record*, 2103(1), 50-60.
- Dumbaugh E. (2006). Design of Safe Urban Roadsides: An Empirical Analysis. *Transportation Research Record*, 1961, 74-82.
- Elvik, R., Høye, A., Vaa, T., & Sørensen, M. (2009). *The handbook of road safety measures*. Bingley, UK: Emerald.
- Elvik, R., Ulstein, H., Wifstad, K., Systad, R.S., Seeberg, M.U., & Welde, M. (2017). An Empirical Bayes before-after evaluation of road safety effects of a new motorway in Norway. *Accident Analysis & Prevention*, 108, 285-296.
- Fitzpatrick, C. D., Samuel, S., & Knodler, M. A. (2016). Evaluating the effect of vegetation and clear zone width on driver behavior using a driving simulator. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 42, 80-89.
- Fitzpatrick, C.D., Harrington, C.P., Knodler, M.A., & Romoser, M.R.E. (2014). The influence of clear zone size and roadside vegetation on driver behavior. *Journal of Safety Research*, 49, 97-104.
- Fitzpatrick, K., Schneider, W. H., & Park, E. S. (2005). Comparisons of crashes on rural two-lane and four-lane highways in Texas. Report FHWA/TX-06/0-4618-1. Texas Transportation Institute, Texas A & M University System.
- Gårder, P., 2006. Segment characteristics and severity of head-on crashes on two-lane rural highways in Maine. *Accid. Anal. Prev.* 38, 652–661.
- Gates, T., Savolainen, P., Kay, J., Finkelman, J., & Davis, A. (2015). Evaluating Outcomes of Raising Speed Limits on High Speed Non-Freeways. Report RC-1609B. Wayne State University, Detroit, Michigan.
- Gattis, J. L., Balakumar, R., & Duncan, L. K. (2005). Effects of rural highway median treatments and access. *Transportation Research Record*, 1931, 99-107.
- Geedipally, S., Patil, S., & Lord, D. (2010). Examination of methods to estimate crash counts by collision type. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*(2165), 12-20.
- Glennon, J. C., & Tamburri, T. N. (1967). Objective criteria for guardrail installation. *Highway Research Record*, 174, 184-206.
- Gooch, J. P., Gayah, V. V., & Donnell, E. T. (2016). Quantifying the safety effects of horizontal curves on two-way, two-lane rural roads. *Accident Analysis & Prevention*, 92, 71-81.
- Good, M. C., Fox, J. C., & Joubert, P. N. (1987). An in-depth study of accidents involving collisions with utility poles. *Accident Analysis & Prevention*, 19(5), 397-413.
- Gross, F. & Donnell, E.T. (2011). Case-control and cross-sectional methods for estimating crash modification factors: Comparisons from roadway lighting and lane and shoulder width safety effect studies. *Journal of Safety Research*, 42(2), 117-129.
- Gross, F. & Jovanis, P. P. (2007). Estimation of Safety Effectiveness of Changes in Shoulder Width with Case Control and Cohort Methods. In *Transportation Research Record*, 2019, 237–245.
- Gross, F., Jovanis, P.P., Eccles, K., 2009. Safety effectiveness of lane and shoulder width combinations on rural, two-lane, undivided roads. *Transp. Res. Rec.* 2103, 42–49.
- Haghighi, N., Liu, X. C., Zhang, G., & Porter, R. J. (2018). Impact of roadway geometric features on crash severity on rural two-lane highways. *Accident Analysis & Prevention*, 111, 34-42.
- Haleem, K., Gan, A., & Lu, J. (2013). Using multivariate adaptive regression splines (MARS) to develop crash modification factors for urban freeway interchange influence areas. *Accident Analysis & Prevention*, 55, 12-21.
- Hallenbeck, M. E., Briglia Jr, P. M., Howard, Z. N., & St Martin, A. (2013). In-service evaluation of major urban arterials with landscaped medians—phase iii. Report WA-RD 636.3. Washington State Transportation Center (TRAC), University of Washington. Seattle, Washington.
- Haq MT, Zlatkovic M, Ksaibati K. (2019). Evaluating Safety Effectiveness of Truck Climbing Lanes using Cross-Sectional Analysis and Propensity Score Models. *Transportation Research Record*, 2673(7), 662-672.
- Harvey C, Aultman-Hall L. (2015). Urban Streetscape Design and Crash Severity. *Transportation Research Record*, 2500(1), 1-8.
- Harwood, 2003
- Harwood, D.W., Council, F.M., Hauer, E., Hughes, W.E., Vogt, A., (2000). Prediction of the Expected Safety Performance of Rural Two-Lane Highways. FHWA-RD-99-207, McLean, Va., Federal Highway Administration, 2000.
- Hauer, E., Council, F. M., & Mohammedshah, Y. (2004). Safety models for urban four-lane undivided road segments. *Transportation Research Record*, 1897, 96-105.

- Holdridge, J. M., Shankar, V. N., & Ulfarsson, G. F. (2005). The crash severity impacts of fixed roadside objects. *Journal of Safety Research*, 36(2), 139-147.
- Hosseinpour, M., Yahaya, A. S., & Sadullah, A. F. (2014). Exploring the effects of roadway characteristics on the frequency and severity of head-on crashes: Case studies from Malaysian federal roads. *Accident Analysis & Prevention*, 62, 209-222.
- Hou, Q., Meng, X., Huo, X., Cheng, Y., & Leng, J. (2019). Effects of freeway climbing lane on crash frequency: Application of propensity scores and potential outcomes. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 517, 246-256.
- Høy, A. (2014). Revisjon av Trafikksikkerhetshåndboken: Kapittel 1.21 Midtdeler. TØI-Arbeidsdokument 50566/2014. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Høy, A. (2016). Utvikling av ulykkesmodeller for ulykker på riks- og fylkesvegnettet i Norge (2010-2015). TØI-Rapport 1522/2016. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Høy, A., & Hesjevoll, I. S. (2020). Traffic volume and crashes and how crash and road characteristics affect their relationship – A meta-analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 145(105668), 1-21.
- Høy, A.K. (2017). Dybdestudier av fartsrelaterede ulykker ved bruk av UAG-data. TØI-Rapport 1569/2017. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Høy, A.K. (2020). Revisjon av Trafikksikkerhetshåndboken: Kapittel 1.21 Midtdeler. TØI-Arbeidsdokument. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Ivan, J.N., Wang, C., & Bernardo, N.R. (2000). Explaining two-lane highway crash rates using land use and hourly exposure. *Accident Analysis and Prevention*, 32, 787-795.
- Jensen, S.U. (2017). Uheldsmodeller, sikkerhetsfaktorer og verktøjer for landevejsnettet. Lyngby: Trafitec rapport.
- Jiang, X., Yan, X., Huang, B., & Richards, S. H. (2011). Influence of curbs on traffic crash frequency on high-speed roadways. *Traffic Injury Prevention*, 12(4), 412-421.
- Jonsson, T., Ivan, J. N., & Zhang, C. (2007). Crash prediction models for intersections on rural multilane highways: Differences by collision type. *Transportation Research Record*, 2019, 91-98.
- Jurewicz, C., & Pyta, V. (2010). Effect of clear zone widths on run-off-road crash outcomes. *Journal of Transportation Safety & Security*, 6(4), 356-368.
- Khan, G., Bill, A. R., Chitturi, M., & Noyce, D. A. (2012). Horizontal curves, signs and safety. *Transportation Research Record*, 2279, 124-131.
- Khan, I.U. & Vachal, K. (2020). Factors affecting injury severity of single-vehicle rollover crashes in the United States. *Traffic Injury Prevention*, 21, 66-71.
- Khan, M., Abdel-Rahim, A., & Williams, C. J. (2015). Potential crash reduction benefits of shoulder rumble strips in two-lane rural highways. *Accident Analysis & Prevention*, 75, 35-42.
- Kloeden, C. N., McLean, A. J., Baldock, M. R. J., & Cockington, A. J. T. (1999). Severe and fatal car crashes due to roadside hazards. NHMRC Road Accident Research Unit The University of Adelaide.
- Krammes, R. & Sheldahl, E. (2009). Traffic Calming on Main Roads Through Rural Communities. Report (TechBrief) FHWA-HRT-08-067. <https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/08067/>
- Kweon, Y.-J., Lim, I.-K., Dougald, L. E., & Cottrell, B. H. (2015). Safety aspects of line markings on two-lane low-volume narrow roads in Virginia. *Journal of traffic and transportation engineering (Valley Cottage, NY)*, 3(4), 203-214.
- Labi, S., Chen, S., Preckel, P. V., Qiao, Y., & Woldemariam, W. (2017). Rural two-lane highway shoulder and lane width policy evaluation using multiobjective optimization. *Transportmetrica A: Transport Science*, 13(7), 631-656.
- Lee, C. Abdel-Aty, M., Park, J., Wang, J.H. (2015). Development of crash modification factors for changing lane width on roadway segments using generalized nonlinear models. *Accident Analysis and Prevention*, 76, 83-91.
- Lee, J., & Mannering, F. (2002). Impact of roadside features on the frequency and severity of run-off-roadway accidents: an empirical analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 34(2), 149-161.
- Lewis, J. S. (2006). Assessing the safety impacts of access management techniques. Department of Civil and Environmental Engineering. Brigham Young University
- Lord, D. & Bonneson, J.A. (2006). Development of Accident Modification Factors for Rural Frontage Road Segments in Texas. Paper presented at the 86th Annual Meeting of the Transportation Research Record.
- Lord, D., & Bonneson, J. (2017). Development of accident modification factors for rural frontage road segments in Texas. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*(2023), 20-27.
- Lu, J., Gan, A., Haleem, K., & Wu, W. (2013). Clustering-Based Roadway Segment Division for the Identification of High-Crash Locations. *Journal of Transportation Safety & Security*, 5(3), 224-239.
- Manuel, A., El-Basyouny, K., & Islam, M. T. (2014). Investigating the safety effects of road width on urban collector roadways. *Safety Science*, 62, 305-311.
- Marshall, W.E., Coppola, N., & Golombek, Y. (2018). Urban clear zones, street trees, and road safety. *Research in Transportation Business & Management*, 29, 136-143.
- Martz, P. (2017). Development of Safety Performance Functions for Undivided Rural Two-Lane Roadways. Masters Thesis, University of Wisconsin – Madison.

- Maze, T.H., Sax, C., & Hawkins, N. (2008). Clear Zone – A synthesis of practice and an evaluation of the benefits of meeting the ten-foot clear zone goal on urban streets. Center for Transportation Research and Education. Iowa State University.
- Mehta, G., & Lou, Y. (2013). Calibration and development of safety performance functions for Alabama: Two-lane, two-way rural roads and four-lane divided highways. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*(2398), 75-82.
- Mok, J.-H., Landphair, H. C., & Naderi, J. R. (2006). Landscape improvement impacts on roadside safety in Texas. *Landscape and Urban Planning*, 78(3), 263-274.
- Myers, M., Ceifetz, A. H., & Bagdade, J. (2011). Evaluating the performance and making best use of passing relief lanes. Report RC-1565. Opus International Consultants Inc., West Bloomfield, MI.
- Naderi, J. R., Kweon, B. S., & Maghelel, P. (2008). The street tree effect and driver safety. *ITE Journal on the Web*, February 2008, 69-73.
- Ogden, K.W. (1997). The effects of paved shoulders on accidents on rural highways. *Accident Analysis and Prevention*, 29, 353-362.
- Olabarria, M., Santamarina-Rubio, E., Mari-Dell'Olmo, M., Gotsens, M., Novoa, A.M., Borrell, C., & Pérez, K. (2015). Head-on crashes on two-way interurban roads: a public health concern in road safety. *Gaceta Sanitaria*, 29(1), 16-23.
- Pardillo-Mayora, J. M., Domínguez-Lira, C. A., & Jurado-Piña, R. (2010). Empirical calibration of a roadside hazardiousness index for Spanish two-lane rural roads. *Accident Analysis & Prevention*, 42(6), 2018-2023.
- Park, B., Fitzpatrick, K., & Brewer, M. (2012). Safety Effectiveness of Super 2 Highways in Texas. *Transportation Research Record*, 2280, 38–50.
- Park, B.-J., Fitzpatrick, K., & Lord, D. (2010). Evaluating the effects of freeway design elements on safety. *Transportation Research Record*, 2195, 58-69.
- Park, E. S., Carlson, P. J., Porter, R. J., & Andersen, C. K. (2012). Safety effects of wider edge lines on rural, two-lane highways. *Accident Analysis & Prevention*, 48, 317-325.
- Park, J., & Abdel-Aty, M. (2015). Development of adjustment functions to assess combined safety effects of multiple treatments on rural two-lane roadways. *Accident Analysis & Prevention*, 75, 310-319.
- Park, J., Abdel-Aty, M., & Lee, C. (2014). Exploration and comparison of crash modification factors for multiple treatments on rural multilane roadways. *Accident Analysis & Prevention*, 70, 167-177.
- Park, J., Abdel-Aty, M., & Lee, J. (2016). Use of empirical and full Bayes before–after approaches to estimate the safety effects of roadside barriers with different crash conditions. *Journal of Safety Research*, 58, 31-40.
- Park, J., Abdel-Aty, M., & Wang, J.-H. (2015). Development of Crash Modification Factors and Functions for Widening Shoulder Width on Rural Two-Lane Roadways. 25th World Road Congress, Seoul, South Korea. 2015-11-3 to 2015-11-7.
- Park, J., Abdel-Aty, M., Wang, J.-H., & Lee, C. (2015). Assessment of safety effects for widening urban roadways in developing crash modification functions using nonlinearizing link functions. *Accident Analysis & Prevention*, 79, 80-87.
- Peng, Y., Geedipally, S., & Lord, D. (2012). Effect of roadside features on single-vehicle roadway departure crashes on rural two-lane roads. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*(2309), 21-29.
- Peng, Y., Geedipally, S.R., & Lord, D. (2012). Effect of Roadside Features on Single-Vehicle Roadway Departure Crashes on Rural Two-Lane Roads. *Transportation Research Record*, 2309, 21-29.
- Persaud B, Anarkooli AJ, Almasi S, Lyon C. (2020). Crash Modification Functions for Passing Relief Lanes on Two-Lane Rural Roads. *Transportation Research Record*. July 2020.
- Persaud, B., Lyon, C., Bagdade, J., & Ceifetz, A. H. (2013). Evaluation of Safety Performance of Passing Relief Lanes. *Transportation Research Record*, 2348(1), 58–63.
- Pettersson, R. (1977). Avkörningsolyckor och vägens sidoutrymme. Etapp 2. Olycksrisk samt samband mellan skadeföljd och utformingen av vägens sidoutrymme. VTI-rapport 127. Linköping, Statens väg- och trafikinstitut (VTI).
- Pokorny, P., Jensen, J. K., Gross, F., & Pitera, K. (2020). Safety effects of traffic lane and shoulder widths on two-lane undivided rural roads: A matched case-control study from Norway. *Accident Analysis & Prevention*, 144, 105614.
- Potts, I., Harwood, D., & Richard, K. (2007). Relationship of lane width to safety on urban and suburban arterials. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*(2023), 63-82.
- Potts, I.B. & Harwood, D.W. (2004). Benefits and design / location criteria for passing lanes. Kansas: Midwest Research Institute, report No. RDT 04-008.
- Rahman, Z., Memarian, A., Madanu, S., Iqbal, G., Anahideh, H., Mattingly, S. P., & Rosenberger, J. M. (2018). Assessment of the impact of lane width on arterial crashes. *Journal of Transportation Safety & Security*, 10(3), 229-250.
- Rengarasu, T. M., Hirasawa, M., & Hagiwara, T. (2009). Modeling simple and combination effects of road geometry and cross section variables on traffic accidents. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation studies*, 8.
- Rogness, R.O., Fambro, D.B., & Turner, D.S. (1982). Before-After Accident Analysis for Two Shoulder Upgrading Alternatives. *Transportation Research Record* 855, 41-46.

- Roque, C., Moura, F., & Lourenço Cardoso, J. (2015). Detecting unforgiving roadside contributors through the severity analysis of ran-off-road crashes. *Accident Analysis & Prevention*, 80, 262-273.
- Rusli, R., Haque, M. M., King, M., & Voon, W. S. (2017). Single-vehicle crashes along rural mountainous highways in Malaysia: An application of random parameters negative binomial model. *Accident Analysis & Prevention*, 102, 153-164.
- Saito, M., Cox, D.D. & Jin, T.G. (2005). Evaluation of four recent traffic and safety initiatives, Vol. II: Developing a procedure for evaluating the need for raised medians. Utah Department of Transportation Research and Development Division: Final Report.
- Sawalha, Z., & Sayed, T. (2001). Evaluating safety of urban arterial roadways. *Journal of Transportation Engineering*, 127(2), 151-158.
- Sakshaug, K. (2001). Sammenheng mellom ulykkesfrekvens, ulykkeskostnad og veggeometri utenfor tettbygd strøk. Rapport STF22 A00555 SINTEF Veg og samferdsel, Trondheim.
- Sakshaug, K., Engen, T., Lervåg, L.-E., Lindland, T., & Ytrehus, I. (2007). Vegens sideområde: Betydning for ulykkesfrekvens og skadekostnad. Rapport STF50-A07011. Trondheim: SINTEF Teknologi og Samfunn, Transportsikkerhet og -informatikk.
- Sakshaug, K., Lervåg, L.-E., & Giæver, T. (2004). Grunnlag for revisjon av håndbok 017 "Veg- og gateutforming": Skulder- og kjørebanebreddens betydning for trafikksikkerheten (STF22 A04311).
- Saleem, T., & Persaud, B. (2017). Another look at the safety effects of horizontal curvature on rural two-lane highways. *Accident Analysis & Prevention*, 106, 149-159.
- Samet, M.J. (2016). Development of Accident Modification Factors in Two-Lane Highways. *Computational Research Progress in Applied Science & Engineering (CRPASE)*, 02(04), 168-172.
- Schneider, W., Savolainen, P., & Zimmerman, K. (2009). Driver injury severity resulting from single-vehicle crashes along horizontal curves on rural two-lane highways. *Transportation Research Record*, 2102, 85-92.
- Schrum, K. D., De Albuquerque, F. D. B., Sicking, D. L., Falle, R. K., & Reid, J. D. (2014). Correlation Between Crash Severity and Embankment Geometry. *Journal of Transportation Safety & Security*, 6(4), 321-334.
- Schultz, G. G., Thurgood, D. J., Olsen, A. N., & Reese, C. S. (2010). Transportation safety data and analysis. Volume 1: Analyzing the effectiveness of safety measures using Bayesian methods.
- Schumaker, L., Ahmed, M. M., & Ksaibati, K. (2017). Policy considerations for evaluating the safety effectiveness of passing lanes on rural two-lane highways with lower traffic volumes: Wyoming 59 case study. *Journal of Transportation Safety & Security*, 9(1), 1-19.
- Shankar, V., Hong, J., Venkataraman, N., Hariharan, B., Kheziyur, A., Huang, S., & Kwon, D. (2016). Two-Lane Rural Highways Safety Performance Functions. Report WA-RD 856.1. Washington State Department of Transportation.
- Shaon, M.R.R & Qin, X. (2016). Use of Mixed Distribution Generalized Linear Models to Quantify Safety Effects of Rural Roadway Features. *Transportation Research Record*, 2583, 134-141.
- Stamatiadis, N., Lord, D., Pigman, J., Sacksteder, J., & Ruff, W. (2009). Safety impacts of design element trade-offs for multi-lane rural highways. *ASCE Journal of Transportation Engineering*.
- Stapleton, S. Y., Ingle, A. J., Chakraborty, M., Gates, T. J., & Savolainen, P. T. (2018). Safety Performance Functions for Rural Two-Lane County Road Segments. *Transportation Research Record*, 2672(52), 226-237.
- Statens vegvesen (2014). Håndbok N101, Rekkverk og vegens sideområder.
- Stephan, K., & Newstead, S. (2012). Towards safer urban roads and roadsides: Factors affecting crash risk in complex urban environments. Paper presented at the Australasian Road Safety Research Policing Education Conference, 2012, Wellington, New Zealand.
- Strathman, J.G., Duecker, K.J., Zhang, J. & Williams, T. (2001). Analysis of design attributes and crashes on the Oregon highway system. Oregon: Center for Urban Studies, Portland State University, Report SPER 312.
- Sulistio, H. (2018). Effect of Traffic Flow, Proportion of Motorcycle, Speed, Lane Width, and the Availabilities of Median and Shoulder on Motorcycle Accidents at Urban Roads in Indonesia. *The Open Transportation Journal*, 2018, 12, 1-7.
- Tarko, A. P., Inerowicz, M., Ramos, J., & Li, W. (2008). Tool with road-level crash prediction for transportation safety planning. *Transportation Research Record*, 2083, 16-25.
- Tarko, A., Villwock, N., & Blond, N. (2008). Effect of median design on rural freeway safety: flush medians with concrete barriers and depressed medians. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*(2060), 29-37.
- Taylor, S. G., Russo, B. J., & James, E. (2018). A Comparative Analysis of Factors Affecting the Frequency and Severity of Freight-Involved and Non-Freight Crashes on a Major Freight Corridor Freeway. *Transportation Research Record*, 0(0), 0361198118776815.
- Tegge, R. A., Jo, J.-H., & Ouyang, Y. (2010). Development and application of safety performance functions for Illinois (0197-9191).
- Theofilatos et al (2012). Factors Affecting Accident Severity Inside and Outside Urban Areas in Greece. *Traffic Injury Prevention*.

- Van Treese II, J. W., Koeser, A. K., Fitzpatrick, G. E., Olexa, M. T., & Allen, E. J. (2019). Frequency and Severity of Tree and Other Fixed Object Crashes in Florida, 2006-2013. *Arboriculture & Urban Forestry*, 45(2).
- Vangala, P., Lord, D., & Geedipally, S. R. (2014). An Application of the Negative Binomial-Generalized Exponential Model for Analyzing Traffic Crash Data with Excess Zeros. Texas A&M University. [https://ceprofs.civil.tamu.edu/dlord/Papers/Vangala\\_et\\_al%20\\_NB-GE.pdf](https://ceprofs.civil.tamu.edu/dlord/Papers/Vangala_et_al%20_NB-GE.pdf) (last accessed 2018/12/05).
- Vogt, A., & Bared, J. (1998). Accident models for two-lane rural roads: Segments and intersections. Report FHWA-RD-98-133.
- Vogt, A., & Bared, J. (1998). Accident Models for Two-Lane Rural Segments and Intersections. *Transportation Research Record*, 1635(1), 18–29.
- Wang, J., Hughes, W.E., & Stewart, R. (1998). Safety effects of cross-section design on rural multilane highways.
- Wolf, K. L., & Bratton, N. J. (2006). Urban trees and traffic safety: Considering U.S. roadside policy and crash data. *Arboriculture & Urban Forestry*, 43(4), 170-179.
- Wu, H., Han, Z., Murphy, M. R., & Zhang, Z. (2015). Empirical Bayes Before–After Study on Safety Effect of Narrow Pavement Widening Projects in Texas. *Transportation Research Record*, 2515(1).
- Xie, Y., Zhao, K., & Huynh, N. (2012). Analysis of driver injury severity in rural single vehicle crashes. *Accident Analysis and Prevention*, 47, 36-44.
- Yamamoto, T., & Shankar, V. N. (2004). Bivariate ordered-response probit model of driver's and passenger's injury severities in collisions with fixed objects. *Accident Analysis & Prevention*, 36(5), 869-876.
- Yanmaz-Tuzel, O. & Ozbay, K. (2010). A comparative Full Bayesian before-and-after analysis and application to urban road safety countermeasures in New Jersey. *Accident Analysis & Prevention*, 42(6), 2099-2107.
- Yannis, G., Papadimitriou, E., Evgenikos, P. (2005). Cost-benefit assessment of selected road safety measures in Greece. *Proceedings of Road Safety on Four Continents, Warsaw, Poland, October 5–7 2005 Linköping, Swedish Road and Transport Research Institute.*
- Zegeer, C. V., R. C. Deen & J. G. Mayes. (1981). Effect of Lane and Shoulder Widths on Accident Reduction on Rural, Two-Lane Roads. *Transportation Research Record*, 806, 33-43
- Zegeer, C. V., Reinfurt, D. W., Hunter, W. W., Hummer, J., Stewart, R., & Herf, L. (1988). Accident effects of sideslope and other roadside features on two-lane roads. *Transportation Research Record*, 1195, 33-47.
- Zegeer, C.V. & Council, F.M. (1995). Safety Relationships Associated with Cross-Sectional Roadway Elements. *Transportation Research Record*, 1512, 29-36.
- Zegeer, C.V., Stewart, R., Council, F., Neuman, T.R., (1994). Accident relationships of roadway width on low-volume roads. *Trans. Res. Record: J. Trans. Res. Board* 1445, 160–168. Retrieved from. <http://onlinepubs.trb.org/>
- Zeng, H., & Schrock, S. D. (2012). Estimation of Safety Effectiveness of Composite Shoulders on Rural Two-Lane Highways. *Transportation Research Record*, 2279(1), 99–107.
- Zhu, H., Dixon, K.K, Washington, S., & Jared, D.M. (2010). Predicting Single-Vehicle Fatal Crashes for Two-Lane Rural Highways in Southeastern United States. *Transportation Research Record*, 2147(1), 88-96.
- Zou, Y., Ash, J. E., Park, B.-J., Lord, D., & Wu, L. (2018). Empirical Bayes estimates of finite mixture of negative binomial regression models and its application to highway safety. *Journal of Applied Statistics*, 45(9), 1652-1669.
- Zuckier, G., Jacobs, G.Z.L. & Thibeault L. (1999). Using Linked Data to Evaluate Severity and Outcome of Injury by Type of Object Struck for Motor Vehicle Crashes in Connecticut. Healthcare Research and Education Foundation, Inc., Wallingford, CT.

# Vedlegg A: Dimensjoneringsklasser

Tabell V1: Standardkrav for ulike dimensjoneringsklasser i håndbok N100 (2019; tabell C.3)

	H1	H5	H3	Hø1	Hø2	Lokale veger	Øvrige lokalveger
<b>Vegtype</b>	H/Hø	H/Hø	H/Hø	Hø	Hø	L1	L2
<b>ADT</b>	< 6'	6'-12'	> 12'	< 4'	< 12'	< 1,5'	< 300
<b>Fartsgrense [km/t]</b>	80	90	110	80	60	80 / 60	50
<b>Tverrprofil [m]</b>	9	12,5	23	7,5	7,5	7,5	3,5-4,5
Skulder 1 [m]	1	1,5	2,75	0,75	0,75	0,5	0,5
Kjørefelt 1 [m]	3,25	3,5	3,5 / 3,5	3	3	2,75	3,5
Indre skulder 1 [m]		0,5	0,75				
Skille kjøreretninger [m]	0,5 FM	1,5 MR	2 MR				
Indre skulder 2 [m]		0,5	0,75				
Kjørefelt 2 [m]	3,25	3,5	3,5 / 3,5	3	3	2,75	
Skulder 2 [m]	1	1,5	2,75	0,75	0,75	0,5	0,5
<b>Alternativ utforming [m]</b>				4		4	
<b>Min. horisontalkurveradius [m]</b>	250	400	800	225	125	225	60
<b>Min. klotoide [m]</b>	125	170	260	115	75	115	
<b>Stopsikt [m]</b>	115	160	227	105	65	105	45
<b>Δst1 (stigning)</b>	-9	-14	-20	-10	-4	-10	
<b>Δst2 (fall)</b>	12	20	26	15	5	15	
<b>Møtesikt [m]</b>				220		220	100
<b>Forbikjøringssikt [m]</b>	600			600			
<b>Min. vertikalkurveradius, høy [m]</b>	2 800	5 300	11 000	2 300	900	2300	1100
<b>Min. vertikalkurveradius, lav [m]</b>	1 900	2 300	3 700	1 000	600	1000	400
<b>Maks. overhøyde [%]</b>	8	8	7,5	8	8	8	8
<b>Maks. stigning [%]</b>	6	6	5	8	6	8	8
<b>Maks. resulterende fall [%]</b>	10	10	9	11,3	10	11,3	11,3
<b>Min. resulterende fall [%]</b>	2	2	2	2	2	2	2
<b>Kryssløsning</b>	T	P ev.T	P	T,R	T,X,R	T	
Avstand mellom kryss [m]	500	1 000	5 000				
Min. horisontalkurveradius [m]	450	700		400 (T)	200 (T,X)		
Min. vertikalkurveradius, høy [m]	7 100	12 400		5 500	2 200	5500	
<b>Avkjørsler</b>	B	AF	AF	B	B	T	T
<b>Avstand mellom stopplommer [km]</b>	5	5					
<b>Forbikjøring</b>							
Eget- eller motg. felt	M	E	E	M			
<b>Belysning</b>	I	B	B	I	I/B	I	
<b>Dimensjonerende kjøretøy</b>	MVT	MVT	MVT	VT/MVT	VT/MVT	VT/L	L
<b>Dimensjonerende kjøremåte</b>	A	A	A				

<b>Vegtype</b> H1, H5, H3 = Nasjonale og øvrige hovedveger Hø1-Hø2 = Øvrige hovedveger	<b>Belysning</b> B = Krav om belysning I = Ikke belysning	<b>Avkjørsel</b> B = Begrens AF = Avkjørselsfri T = Tillates	<b>Forbikjøring</b> M = forbikjøring i motgående kjørefelt E = forbikjøring i egne forbikjøringsfelt
<b>Kryssløsning</b> T = T-kryss X = X-kryss R = Rundkjøring P = Planskilt kryss	<b>Skille mellom kjøreretninger</b> FM = Forsterket midtoppmerking MR = Midtdeler med midtrekkverk		<b>Dimensjonerende kjøretøy/-måte</b> VT = Vogntog MVT = Modulvogntog L = Lastebil A/B/C = Kjøremåte A, B eller C



# Vedlegg B: Studier

## Vegbredde

Road width	
Kweon et al., 2015 (USA) <b>Cross sectional</b>	<p><b>Increasing pavement width – -11.3% crashes per 30 cm width increase (low volume narrow roads).</b></p> <p><u>Measure:</u> Total pavement width as predictor in crash prediction model.</p> <p><u>Method:</u> Crash prediction models.</p> <p><u>Roads:</u> Low-volume narrow roads, 4.9-6.1 meter total width, over half without center/edge lines. AADT 286-1652.</p> <p><u>Results:</u> Trend function calculated from two dummy variables for pavement width: -11.3% crashes per 0.3 meter pavement width increase on average.</p>
Manuel et al., 2014 (Canada) <b>Cross sectional</b>	<p><b>Oversize road (lane) widths –</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Low volumes (AADT &lt; 4000): Fewer crashes</b></li> <li>▪ <b>High volumes (AADT &gt; 4000): More crashes.</b></li> </ul> <p><u>Measure:</u> Oversize vs. standard width.</p> <p><u>Method:</u> Crash prediction models.</p> <p><u>Roads:</u> Urban two-lane collector roads. AADT 300-13000. Lane widths</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Standard size: 3.2-5.8 m (total 6.3-11.6m)</li> <li>▪ Oversize: 7.0-9.8m (total 14-19.5m).</li> </ul> <p><u>Results:</u> Compared to standard widths, <u>oversize roads</u> have:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Overall: Oversize roads – Fewer crashes</li> <li>▪ Low volume (AADT &lt; 4000): Oversize – fewer crashes</li> <li>▪ High volume (AADT &gt; 4000): Oversize – more crashes (up to +41% at highest vol. (AADT 12,000)).</li> </ul>
Stapleton et al., 2018 (USA) <b>Cross sectional</b>	<p><b>Increasing pavement width – <u>No</u> consistent relationships to crashes.</b></p> <p><u>Measure:</u> Pavement width as predictor (dummy variables) in crash prediction models.</p> <p><u>Method:</u> crash prediction models</p> <p><u>Roads:</u> Rural two-lane roads, paved/unpaved, low volumes.</p> <p><u>Results:</u> Non-significant or non-monotonous relationships between pavement width and crashes.</p>
Wu et al., 2015 (USA) <b>Before-After EB</b>	<p><b>Increasing pavement width – <u>Fewer</u> crashes (all crashes -32%). Strongest effect for head-on crashes, no differences between levels of severity.</b></p> <p><u>Measure:</u> Pavement widening; increase lane width and/or add narrow shoulder to increase whole pavement width by 1-9 ft. (0.3-2.7 m)</p> <p><u>Method:</u> BA-EB (Before-After Empirical Bayes) of narrow pavement widening</p> <p><u>Roads:</u> Rural two-lane roads with narrow lanes; total paved width 18-22 ft. (5.5-6.7 m). Mean AADT 1,600 (450-7,400). Speed limit unspec.. 22 segments, mean length 3.5 mi. (0.34-14.75 mi.).</p> <p><u>Results:</u> Crash effects by severity (percentage reduction (SD)):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ All crashes -32% (5.4)</li> <li>▪ Run-off-road crashes -35.7% (6.8)</li> <li>▪ Head-on crashes -55.4% (-15.4)</li> <li>▪ Injury crashes -29.5% (8.7)</li> <li>▪ PDO crashes -31.7% (7.4)</li> </ul>

**Road width**

Zegeer et al., 1994 (USA)

**Cross sectional**

**Wider roads – Fewer crashes on low volume roads (except on the narrowest roads).**

- Widths above 6 m: -3.4% crashes per 0.3 meter width increase on average
- Widths 5.5 m: -40% crashes compared to 6.1 m.

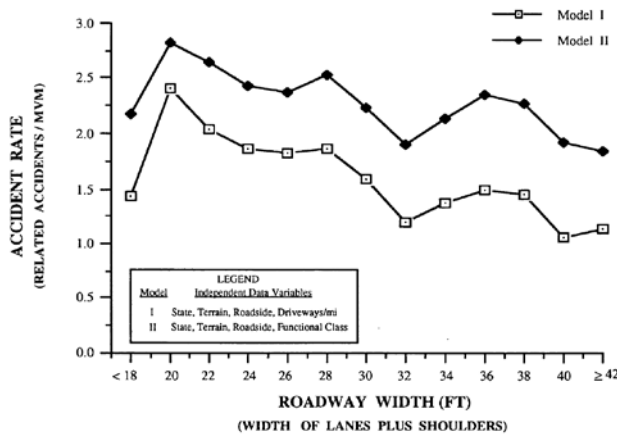
Method: Multivariate analysis, control for state, terrain, roadside recovery distance, and number of driveways per mile.

Roads: Rural 2-lane low-volume roads, AADT below 2000.

Crashes: SV and head-on crashes, unspecified severity.

Results: Relative to narrow roads (20 ft. / 6.1m) crash rates are

- 40% lower on 18 ft. (5.5 m) and narrower roads
- 50% lower on 32 ft. (9.8 m) roads
- 58% lower on 40 ft. (12.2 m) roads



Fitting a trend line to the results for road widths of 20 ft. and above, shows that each 1 ft. with increase on average is accompanied by a decrease of crash numbers by 3.4%.

**Kjørefeltbredde**

**Lane with (only factor)**

AASHTO, 2019 (USA)

**Expert panel**

**Increasing lane width – Fewer crashes.**

- Stronger effect of lane width at higher volume.

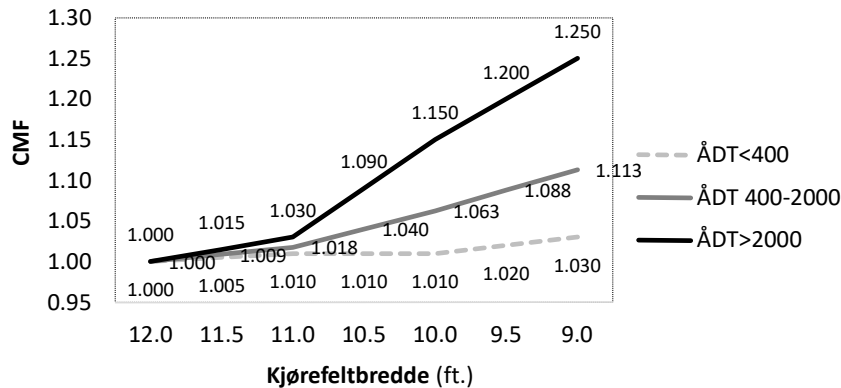
Method: CMFs (crash modification factors) in Highway Safety Manual

Measure: Relationship between lane width and crashes (regardless of shoulder/pavement width)

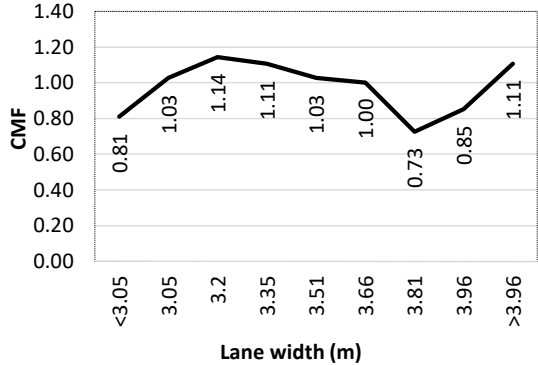
Roads: Rural multilane roads (unspecified speed limit, AADT, ...)

Crashes: All crashes, unspecified severity

Results: Relationship between lane width and crash numbers by AADT group, see figure.



Lane with (only factor)																																									
<p>Bonneson et al., 2006 (USA)</p> <p><b>Crash modification factors</b></p>	<p><b>Increasing lane width – Fewer crashes.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Stronger effects with <u>increasing volume (up to AADT 2000)</u>.</li> <li>▪ Slightly larger effects on smaller roads (small differences)</li> </ul> <p><u>Method:</u> CMFs</p> <p><u>Measure:</u> Relationship between lane width and crashes (regardless of shoulder/pavement width) by volume.</p> <p><u>Roads:</u> Rural roads, two-/multilane (unspecified speed limit, AADT above/below 2000)</p> <p><u>Crashes:</u> All crashes, unspecified severity</p> <p><u>Results:</u> Wider lanes are generally associated with fewer crashes.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Up to AADT 2000:</b> Larger crash effects at higher volume (fig. from Bonneson et al., 2006; results for two-lane undivided roads).</li> </ul> <div style="text-align: center;"> <table border="1"> <caption>Approximate data from Accident Modification Factor graph</caption> <thead> <tr> <th>Average Daily Traffic Volume (veh/d)</th> <th>9-ft or less</th> <th>10-ft lanes</th> <th>11-ft lanes</th> <th>12-ft or more</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>1.02</td> <td>1.01</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>1000</td> <td>1.08</td> <td>1.04</td> <td>1.02</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>1500</td> <td>1.14</td> <td>1.07</td> <td>1.04</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>1.18</td> <td>1.11</td> <td>1.06</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>2500</td> <td>1.18</td> <td>1.11</td> <td>1.06</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>3000</td> <td>1.18</td> <td>1.11</td> <td>1.06</td> <td>1.00</td> </tr> </tbody> </table> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>AADT &gt; 2000:</b> Larger crash effects on smaller roads (small differences between road types). <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Two-lane</b> roads: <b>-4.6%</b> crashes per 30 cm. increase in lane width (3.7m vs. 2.7m: -15%)</li> <li>○ <b>Four-lane</b> and divided: <b>-4.5%</b> crashes per 30 cm. increase in lane width (3.7m vs. 2.7m: -13%).</li> </ul> </li> </ul>	Average Daily Traffic Volume (veh/d)	9-ft or less	10-ft lanes	11-ft lanes	12-ft or more	0	1.00	1.00	1.00	1.00	500	1.02	1.01	1.00	1.00	1000	1.08	1.04	1.02	1.00	1500	1.14	1.07	1.04	1.00	2000	1.18	1.11	1.06	1.00	2500	1.18	1.11	1.06	1.00	3000	1.18	1.11	1.06	1.00
Average Daily Traffic Volume (veh/d)	9-ft or less	10-ft lanes	11-ft lanes	12-ft or more																																					
0	1.00	1.00	1.00	1.00																																					
500	1.02	1.01	1.00	1.00																																					
1000	1.08	1.04	1.02	1.00																																					
1500	1.14	1.07	1.04	1.00																																					
2000	1.18	1.11	1.06	1.00																																					
2500	1.18	1.11	1.06	1.00																																					
3000	1.18	1.11	1.06	1.00																																					
<p>Gooch et al., 2016 (USA)</p> <p><b>Cross sectional</b></p>	<p><b>Increasing lane width – Non-monotonous relationship.</b></p> <p><u>Method:</u> Crash prediction models (with control for shoulder width)</p> <p><u>Measure:</u> Lane width (dummy variables)</p> <p><u>Roads:</u> Rural two-lane roads</p> <p><u>Crashes:</u> All crashes</p> <p><u>Results:</u> Compared to lane width 4,0 - 7,6 m:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lane width 2,4 - 3,0 m: -24%</li> <li>▪ Lane width 3,0 – 3,7 m: +5%</li> </ul>																																								

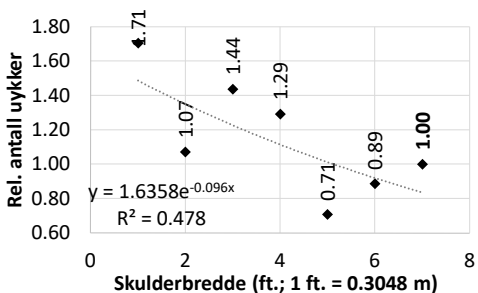
Lane with (only factor)																		
<p>Gross &amp; Jovanis, 2007 (USA); Gross &amp; Donnell, 2011 (USA) <b>Cross sectional</b></p>	<p><b>Increasing lane width – No clear pattern, non-monotonous relationship.</b>  <b>2 Studies:</b> Same method and same or almost the same data in both studies.  <u>Method:</u> Case control. Relationship between lane and shoulder with and crashes. Statistical control for speed limit, AADT, shoulder width, segment length, year (1997-2001).  <u>Measure:</u> Relationship between lane width and crashes (regardless of shoulder width)  <u>Roads:</u> Rural 2-lane roads; mean AADT 3,900 (95-25,844); speed limit mostly 40-55 mph (64-89 km/h).  <u>Crashes:</u> All crashes, unspecified severity.  <u>Results:</u></p> 																	
<p>Harwood et al., 2000 (USA) <b>Expert panel</b></p>	<p><b>Increasing lane width – Fewer crashes</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Greater effect at higher volumes.</b></li> </ul> <u>Method:</u> CMF developed by expert panel based on literature review (BA and CC studies).  <u>Measure:</u> Relationship between lane width and crashes (regardless of shoulder width).  <u>Roads:</u> Rural 2-lane roads, low AADT.  <u>Crashes:</u> Almost all crashes, unspecified severity: Single-vehicle run-off-road, multiple-vehicle same direction sideswipe accidents, and multiple-vehicle opposite-direction accidents.  <u>Results:</u> CMFs for lane width (9 ft. reference) by AADT (linear increase of effect between AADT 500 and 2000):</p> <table border="1" data-bbox="363 1288 903 1503"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Lane width</th> <th colspan="2">CMF</th> </tr> <tr> <th>AADT 0-500</th> <th>AADT 2000+</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12 ft. (3.66 m)</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>11 ft. (3.35 m)</td> <td>1.01</td> <td>1.05</td> </tr> <tr> <td>10 ft. (3.05 m)</td> <td>1.02</td> <td>1.30</td> </tr> <tr> <td>9 ft. (2.74 m)</td> <td>1.05</td> <td>1.50</td> </tr> </tbody> </table>	Lane width	CMF		AADT 0-500	AADT 2000+	12 ft. (3.66 m)	1.00	1.00	11 ft. (3.35 m)	1.01	1.05	10 ft. (3.05 m)	1.02	1.30	9 ft. (2.74 m)	1.05	1.50
Lane width	CMF																	
	AADT 0-500	AADT 2000+																
12 ft. (3.66 m)	1.00	1.00																
11 ft. (3.35 m)	1.01	1.05																
10 ft. (3.05 m)	1.02	1.30																
9 ft. (2.74 m)	1.05	1.50																
<p>Martz et al., 2017 (USA) <b>Cross sectional</b></p>	<p><b>Increasing lane width – Fewer crashes at volumes below 7500 (no effect at higher volumes).</b>  <u>Method:</u> Crash prediction model; controlled for shoulder width.  <u>Measure:</u> Lane width (numerical predictor).  <u>Roads:</u> Rural two-lane roads.  <u>Crashes:</u> All crashes.  <u>Results:</u> Increasing lane width by 30 cm (1. ft.) is associated with</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ -13% crashes at AADT &lt; 7500</li> <li>▪ no stat. sign. effect on crashes at 7500 &lt; AADT &lt; 21800 (max. AADT in data).</li> </ul>																	

Lane with (only factor)																					
<p>Pokorny et al., 2020 (Norway)</p> <p><b>Cross sectional</b></p>	<p><b>Increasing lane width – <u>Non-monotonous relationship.</u></b></p> <p><u>Method:</u> Case control (matching by AADT categories; statistical control for speed limit, curvature, region)</p> <p><u>Measure:</u> Lane width (irrespective of shoulder/pavement width).</p> <p><u>Roads:</u> Rural two-lane roads.</p> <p><u>Crashes:</u> SV and head-on, injury crashes.</p> <p><u>Results:</u> Relationship between lane width and crash rate – lane width below 2.5m are most likely artificial values, based on one-lane roads with bidirectional traffic (e.g. 1,5m lane width corresponds to a 3 m lane with traffic in both directions).</p> <table border="1"> <caption>CMF vs Lane width (m) - Pokorny et al., 2020</caption> <thead> <tr> <th>Lane width (m)</th> <th>CMF</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.15-1.75</td><td>0.32</td></tr> <tr><td>1.76-2</td><td>0.44</td></tr> <tr><td>2.01-2.25</td><td>0.61</td></tr> <tr><td>2.26-2.5</td><td>0.76</td></tr> <tr><td>2.51-2.75</td><td>0.84</td></tr> <tr><td>2.76-3</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>3.01-3.25</td><td>1.12</td></tr> <tr><td>3.26-3.5</td><td>0.61</td></tr> <tr><td>3.51-3.75</td><td>0.46</td></tr> </tbody> </table>	Lane width (m)	CMF	0.15-1.75	0.32	1.76-2	0.44	2.01-2.25	0.61	2.26-2.5	0.76	2.51-2.75	0.84	2.76-3	1.00	3.01-3.25	1.12	3.26-3.5	0.61	3.51-3.75	0.46
Lane width (m)	CMF																				
0.15-1.75	0.32																				
1.76-2	0.44																				
2.01-2.25	0.61																				
2.26-2.5	0.76																				
2.51-2.75	0.84																				
2.76-3	1.00																				
3.01-3.25	1.12																				
3.26-3.5	0.61																				
3.51-3.75	0.46																				
<p>Potts et al., 2007 (USA)</p> <p><b>Cross sectional</b></p>	<p><b>Increasing lane width – <u>Unclear pattern of different non-monotonous relationships on different types of road (divided/undivided, multilane/two-lane roads).</u></b></p> <p><u>Method:</u> Crash prediction models for different types of road.</p> <p><u>Measure:</u> Lane width (ft.) as model predictor.</p> <p><u>Roads:</u> Non-freeways (two- and multilane divided/undivided), AADT, speed limit etc. unspec..</p> <p><u>Crashes:</u> All / MV / SV crashes, unspecified severity.</p> <p><u>Results:</u></p>																				

Lane with (only factor)	
Shankar et al., 2016 (USA) <b>Cross sectional</b>	<p><b>Increasing lane width - <u>More</u> total and MV crashes, <u>fewer</u> SV crashes.</b></p> <p><u>Method</u>: Crash prediction models; separate models per crash type; controlled for volume, shoulder width, curvature etc..</p> <p><u>Measure</u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Shoulder width (m) as model predictor.</li> <li>Results are also available for shoulder width and N of lanes, but the predictor variables are not clearly defined and the road type is uncertain.</li> </ul> <p><u>Roads</u>: Uncertain, the report is about rural two-lane roads, but other predictors in the models indicate that multilane and divided roads may be include as well.</p> <p><u>Crashes</u>: All / MV / SV crashes, unspecified severity.</p> <p><u>Results</u>: Increasing lane width</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>More total crashes (+3% per 30cm width increase)</li> <li>More MV crashes (+7% per 30cm width increase)</li> <li>Fewer SV crashes (-4% per 30cm width increase).</li> </ul>
Shaon & Qin, 2016 (USA) <b>Cross sectional</b>	<p><b>Increasing lane width – <u>No</u> clear relationship with crashes.</b></p> <p><u>Method</u>: Crash prediction model.</p> <p><u>Measure</u>: Dummy variables for main and interaction effects of lane and shoulder width.</p> <p><u>Roads</u>: Rural two-lane undivided roads.</p> <p><u>Crashes</u>: All crashes.</p> <p><u>Results</u>: <u>No</u> clear pattern for lane width overall or within shoulder width categories.</p>
Rahman et al., 2017 (USA) <b>Cross sectional</b>	<p><b>Increasing lane width – <u>Fewer</u> crashes on <u>high volume</u> roads; not necessarily at low volume.</b></p> <p><u>Method</u>: Treed regression (multivariate analysis).</p> <p><u>Measure</u>: Varying lane width: 9/10/11 ft. (2,7m / 3,0m / 3,4m).</p> <p><u>Roads</u>: Arterial roads, AADT mostly 8000-40000; N of lanes mostly 2, up to 12.</p> <p><u>Crashes</u>: All crashes, unspecified severity.</p> <p><u>Results</u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>High volume: Wider lanes – fewer crashes.</li> <li>Low volume: No relationship (“low” volume most likely AADT below 8000; with “sufficient number of through lanes and lower speed limits”).</li> </ul>
Yanmaz-Tuzel & Ozbay, 2010 (USA) <b>Before-After</b>	<p><b>Increasing lane width – <u>Fewer</u> crashes.</b></p> <p><u>Method</u>: BA full Bayes.</p> <p><u>Measure</u>: Increasing lane width (more detailed information not available).</p> <p><u>Roads</u>: Urban arterial.</p> <p><u>Crashes</u>: All crashes, unspecified severity.</p> <p><u>Results</u>: -28%.</p>

## Skulderbredde

Shoulder width	
Abdel-Rahim & Khan, 2012 (USA)	<p><u>Method</u>: Crash prediction model</p> <p><u>Measure</u>: Shoulder width (ft., dummy variable)</p> <p><u>Roads</u>: Rural 2-lane roads.</p> <p><u>Crashes</u>: Run-off-road</p> <p><u>Results</u>:</p>



**Shoulder width**

Bonneson et al., 2006 (USA)

**Cross sectional**

**Increasing lane width – Fewer crashes. Stronger effects at higher volume (up to AADT 2000) and on smaller roads (seems inconsistent, but that’s what they say).**

Method: CMFs

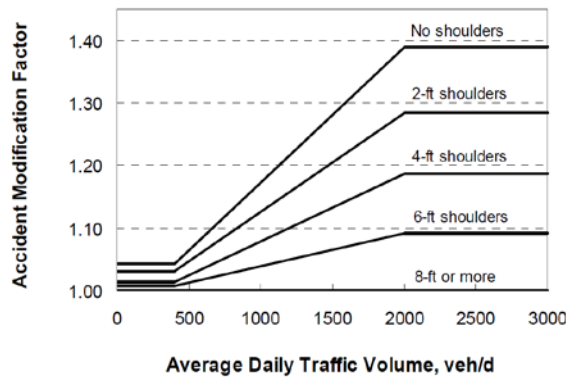
Measure: Relationship between lane width and crashes (regardless of shoulder/pavement width) by volume.

Roads: Rural two-lane roads (unspecified speed limit, AADT above/below 2000)

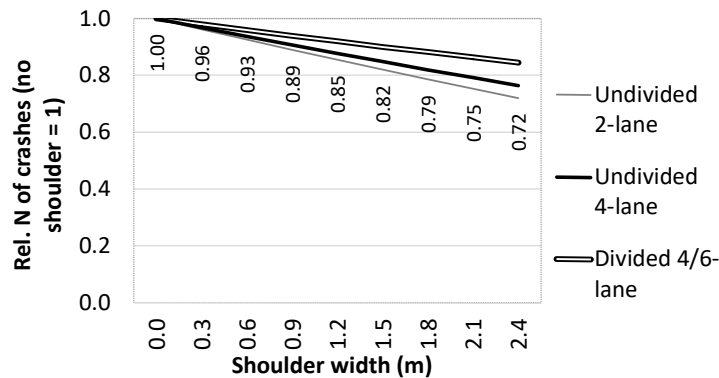
Crashes: All crashes, unspecified severity

Results: Wider shoulders are generally associated with fewer crashes.

- **Up to AADT 2000:** Larger crash effects at higher volume (fig. from Bonneson et al., 2006; results for two-lane roads).



- **AADT > 2000:** Larger crash effects on smaller roads.
  - Two-lane roads: Ca. -4% per 30cm increase in shoulder width)



The finding that crash decreases (with increasing shoulder width) are greater at higher volume (up to AADT 2000) and greater on smaller roads, seems inconsistent, but this is what Bonneson et al. (2006) say.

**Shoulder width**

Gross & Jovanis, 2007 (USA)

**Increasing shoulder width – Fewer crashes.**

- Effect per ft. increase of shoulder width is about independent of original shoulder width.

**Cross sectional**

Method: Case control Relationship between lane and shoulder with and crashes. Statistical control for speed limit, AADT, and segment length.

Roads: Rural 2-lane roads; mean AADT 3,900 (95-25,844); speed limit mostly 40-55 mph (64-89 km/h).

Crashes: All crashes, unspecified severity.

Results:



Gross & Donnell, 2011 (USA)

**Adding gravel shoulder to existing paved shoulder– decreasing crash numbers**

Same data as

Method: Case control study and crash prediction model; statistical control for shoulder width, speed limit, AADT, segment length, district, year (1997-2001)

Gross & Jovanis, 2007

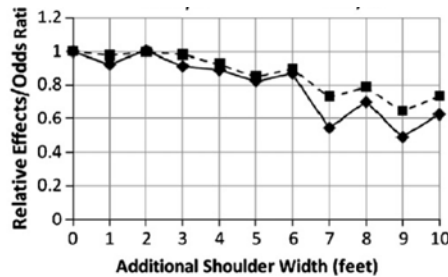
Roads: Rural 2-lane roads; mean AADT 3,419 (95-25,844); speed limit mostly 40-55 mph (64-89 km/h)

**Cross sectional**

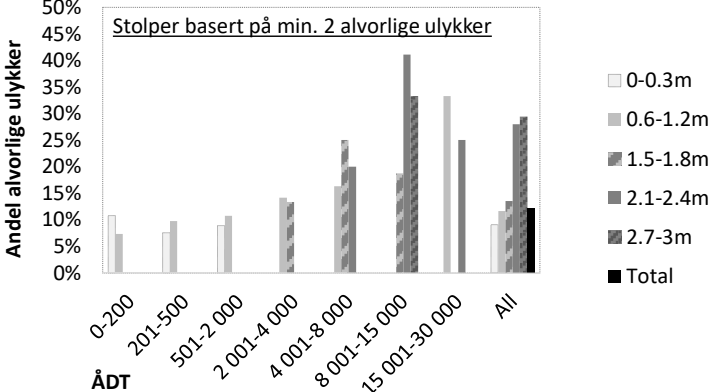
Crashes: All crashes, unspecified severity

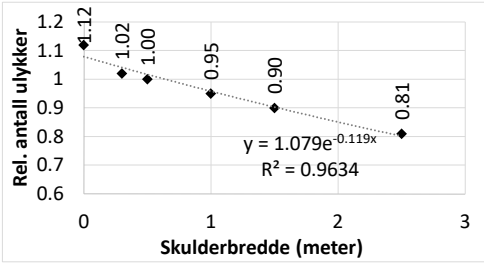
Results:

- (Results for shoulder width: Same as Gross & Jovanis (2007))
- Additional (outside paved) shoulder width (10 ft. = 3 meter):





<p><b>Shoulder width</b></p>																			
<p>Gårder, 2006 (USA) <b>Cross sectional</b></p>	<p><b>Increasing shoulder width – <u>More serious head-on collisions, but no effect with control for volume (relationship due to association between higher volumes and more serious head-on collisions).</u></b></p> <p><u>Method:</u> Simple case control (proportion of serious crashes on roads width different shoulder width by AADT group and all with the same speed limit)</p> <p><u>Measure:</u> Relationship between shoulder width and proportion of serious head-on crashes of all head-on crashes (regardless of lane width).</p> <p><u>Roads:</u> Rural 2-lane roads, AADT 0-30,000, speed limit 45 mph (72 km/h).</p> <p><u>Crashes:</u> Head-on crashes.</p> <p><u>Results:</u> The figure shows the proportion of serious head-on crashes by AADT-group and shoulder width (columns).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Overall, increasing shoulder width is associated with increasing severity of head-on crashes (without control for volume, all roads with the same speed limit).</li> <li>Within AADT-groups, there is no clear relationship, i.e. the overall relationship is mainly due to the positive relationship between AADT and severity (total road width is not controlled for).</li> </ul> 																		
<p>Haghighi et al., 2018 (USA) <b>Cross sectional</b></p>	<p><b>Wide shoulders – <u>more serious crashes</u></b></p> <p><u>Method:</u> Crash prediction models; controlled for AADT, barrier, curvature, shoulder width, light and weather conditions</p> <p><u>Roads:</u> Rural 2-lane roads, AADT 3600 (400-15000)</p> <p><u>Crashes:</u> All crashes</p> <p><u>Results:</u> Wide shoulders (&gt; 1.8-3.7m vs. 0-1.8m) – more serious crashes.</p>																		
<p>Harwood et al., 2000 (USA) <b>Expert panel</b></p>	<p><b>Increasing shoulder width – <u>decreasing crash numbers</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Greater effect at <u>higher volume (&gt;2000).</u></b></li> </ul> <p><u>Method:</u> CMF developed by expert panel based on literature review (BA and CC studies).</p> <p><u>Measure:</u> Relationship between shoulder width and crashes (regardless of lane width).</p> <p><u>Roads:</u> Rural 2-lane roads, low AADT.</p> <p><u>Crashes:</u> Almost all crashes, unspecified severity: Single-vehicle run-off-road, multiple-vehicle same direction sideswipe accidents, and multiple-vehicle opposite-direction accidents.</p> <p><u>Results:</u> CMFs for shoulder width (6 ft. reference); from AADT 500 to 2000, the CMFs increase linearly.</p> <table border="1" data-bbox="483 1756 1038 1933"> <thead> <tr> <th>Shoulder width</th> <th>AADT 0-500</th> <th>AADT 2000+</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0 ft. (0.00 m)</td> <td>1.10</td> <td>1.50</td> </tr> <tr> <td>2 ft. (0.61 m)</td> <td>1.07</td> <td>1.30</td> </tr> <tr> <td>4 ft. (1.22 m)</td> <td>1.02</td> <td>1.15</td> </tr> <tr> <td>6 ft. (1.83 m)</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>8 ft. (2.44 m)</td> <td>0.98</td> <td>0.87</td> </tr> </tbody> </table>	Shoulder width	AADT 0-500	AADT 2000+	0 ft. (0.00 m)	1.10	1.50	2 ft. (0.61 m)	1.07	1.30	4 ft. (1.22 m)	1.02	1.15	6 ft. (1.83 m)	1.00	1.00	8 ft. (2.44 m)	0.98	0.87
Shoulder width	AADT 0-500	AADT 2000+																	
0 ft. (0.00 m)	1.10	1.50																	
2 ft. (0.61 m)	1.07	1.30																	
4 ft. (1.22 m)	1.02	1.15																	
6 ft. (1.83 m)	1.00	1.00																	
8 ft. (2.44 m)	0.98	0.87																	

Shoulder width										
Ivan et al., 2000 (USA)	<p><b>Wider shoulders – More SV crashes, no stat. sign. effect on MV crashes.</b></p> <p><u>Method:</u> Crash prediction models (separate models for SV and MV crashes).</p> <p><u>Measure:</u> Shoulder width (ft.).</p> <p><u>Roads:</u> Rural 2-lane roads.</p> <p><u>Crashes:</u> SV / MV crashes.</p> <p><u>Results:</u> Only stat. sign. predictors in models:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>SV-crashes: Increase with increasing shoulder width (+6.1% per 30 cm shoulder width increase). According to Ivan et al. (2006) the coefficient has “the wrong sign” and they do not have any obvious explanation.</li> <li>MV crashes: No stat. sign. effect (shoulder width not included in model).</li> </ul>									
Islam et al., 2014 (USA)	<p><u>Method:</u> Crash prediction models (separate models for SV and MV crashes).</p> <p><u>Measure:</u> Shoulder width (ft.).</p> <p><u>Roads:</u> Freeways.</p> <p><u>Crashes:</u> SV / MV crashes.</p> <p><u>Results:</u></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Shoulder width</th> <th>SV crashes</th> <th>MV crashes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&gt; 3 meter vs. &lt; 3 meter</td> <td>-59%</td> <td>-51%</td> </tr> <tr> <td>= 3 meter vs. &lt; 3 meter</td> <td>-52%</td> <td>-29%</td> </tr> </tbody> </table>	Shoulder width	SV crashes	MV crashes	> 3 meter vs. < 3 meter	-59%	-51%	= 3 meter vs. < 3 meter	-52%	-29%
Shoulder width	SV crashes	MV crashes								
> 3 meter vs. < 3 meter	-59%	-51%								
= 3 meter vs. < 3 meter	-52%	-29%								
Jensen, 2017 (Danmark)	<p><u>Method:</u> Crash prediction models.</p> <p><u>Measure:</u> Shoulder width (dummy variables).</p> <p><u>Roads:</u> Landeveger.</p> <p><u>Crashes:</u> All crashes.</p> <p><u>Results:</u></p> 									
Martz et al., 2017 (USA)	<p><b>Increasing shoulder width – Fewer crashes (slightly greater effect at volumes below 7500 than at higher volumes).</b></p> <p><u>Method:</u> Crash prediction model; controlled for lane width.</p> <p><u>Measure:</u> Shoulder width (numerical predictor).</p> <p><u>Roads:</u> Rural two-lane roads.</p> <p><u>Crashes:</u> All crashes.</p> <p><u>Results:</u> Increasing shoulder width by 30 cm (1. ft.) is associated with</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-6% crashes at AADT &lt; 7500</li> <li>-5% crashes at 7500 &lt; AADT &lt; 21800 (max. AADT in data).</li> </ul>									

Shoulder width										
Park, Abdel-Aty, & Lee, 2014 (USA) Before-After	<p><b>Increasing shoulder width – Fewer crashes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Greater effects for <b>injury</b> crashes than for unspecified severity crashes</li> <li>▪ Greater effects on roads with <b>narrower shoulders</b> (in the before period).</li> <li>▪ For original shoulder width &lt; 2.4 m, shoulder widening is more effective; <b>for wider shoulders, rumble strips</b> are more effective than shoulder widening.</li> <li>▪ Effects are <b>greater on multi-lane</b> roads (this study) than on two-lane roads (Park &amp; Abdel-Aty, 2015).</li> </ul> <p><u>Method:</u> BA-EB.</p> <p><u>Measure:</u> Increase shoulder width (unspecified how much)</p> <p><u>Roads:</u> Rural <i>multilane</i> roads. Volume and speed limit unspecified.</p> <p><u>Results:</u> Effects of increasing shoulder width, by original shoulder width in before-period:</p> <table border="1" style="margin-left: 40px;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">4-6 ft. (1.22-1.83m)</th> <th style="text-align: center;">8-12 ft. (2.44-3.66m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Unspecified severity crashes</td> <td style="text-align: center;">-38% (-51; -23)</td> <td style="text-align: center;">-18% (-30; -5)</td> </tr> <tr> <td>Injury crashes</td> <td style="text-align: center;">-50% (-62; -34)</td> <td style="text-align: center;">-19% (-30; -5)</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ For original shoulder width 8 ft. (2.4 m) and above, shoulder rumble strips are more effective than shoulder widening.</li> </ul>		4-6 ft. (1.22-1.83m)	8-12 ft. (2.44-3.66m)	Unspecified severity crashes	-38% (-51; -23)	-18% (-30; -5)	Injury crashes	-50% (-62; -34)	-19% (-30; -5)
	4-6 ft. (1.22-1.83m)	8-12 ft. (2.44-3.66m)								
Unspecified severity crashes	-38% (-51; -23)	-18% (-30; -5)								
Injury crashes	-50% (-62; -34)	-19% (-30; -5)								
Park & Abdel-Aty, 2015 (USA) Before-After	<p><b>Increasing shoulder width – Fewer crashes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Greater effects for <b>injury</b> crashes than for unspec. severity crashes</li> <li>▪ Greater effects on roads with <b>narrower shoulders</b> (in the before period)</li> <li>▪ For original shoulder width &lt; 3 m, shoulder widening is more effective; <b>for wider shoulders, rumble strips</b> are more effective than shoulder widening.</li> <li>▪ Effects are <b>smaller on two-lane</b> roads (this study) than on multilane roads (Park, Abdel-Aty &amp; Lee, 2014).</li> </ul> <p><u>Method:</u> Before-After Empirical Bayes.</p> <p><u>Measure:</u> Increase shoulder width (unspecified how much)</p> <p><u>Roads:</u> Rural <i>two-lane</i> roads. Mean AADT ca. 6000 (1200-18500). Speed limit unspecified.</p> <p><u>Results:</u> Effects of increasing shoulder width by original shoulder width in before-period (ca. effects from diagrams):</p> <table border="1" style="margin-left: 40px;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">5 ft. (1.5 m)</th> <th style="text-align: center;">10 ft. (3.05 m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Unspecified severity crashes</td> <td style="text-align: center;">-25%</td> <td style="text-align: center;">-15%</td> </tr> <tr> <td>Injury crashes</td> <td style="text-align: center;">-28%</td> <td style="text-align: center;">-10%</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ For original shoulder width 10 ft. (3.0 m) and above, shoulder rumble strips are more effective than shoulder widening.</li> </ul>		5 ft. (1.5 m)	10 ft. (3.05 m)	Unspecified severity crashes	-25%	-15%	Injury crashes	-28%	-10%
	5 ft. (1.5 m)	10 ft. (3.05 m)								
Unspecified severity crashes	-25%	-15%								
Injury crashes	-28%	-10%								

**Shoulder width**

Peng et al., 2012 (USA)

**Increasing shoulder width – Fewer SV crashes**

**Cross sectional**

- Greater effects in in curves than on tangents
- Greater effects at higher volumes (>3500) than at lower volumes.

Method: Crash prediction models

Measure: Shoulder width (ft.), numerical model predictor..

Roads: Rural 2-lane roads; shoulder widths from 0 ft. (no shoulder) to 10 ft. (3.05m).

Crashes: SV run-off-road crashes.

Results: Relationship between shoulder width (ft.) and crash rates by volume (left) and tangent/curve (right); 2ft. = 61 cm. Greater safety effects of increasing shoulder width

- At higher volumes (3500 vs. lower volumes)
- In curves (vs. tangents).

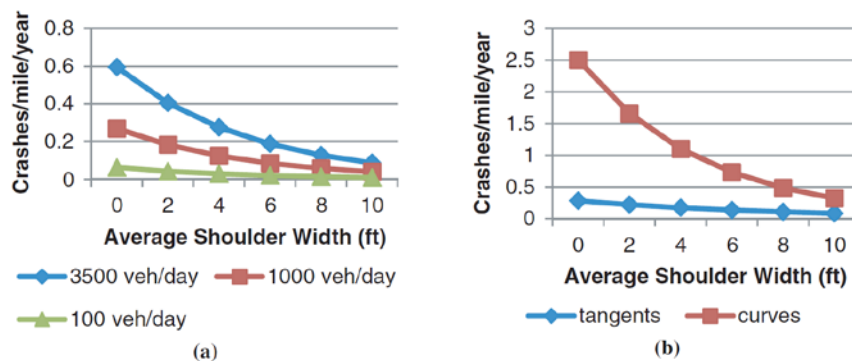


FIGURE 2 Change in SVROR crashes with change in shoulder width (veh = vehicles).

Pokorny et al., 2020 (Norway)

**Increasing shoulder width – Fewer crashes (non-monotonous)**

**Cross sectional**

Method: Case control (matching by AADT categories; statistical control for speed limit, curvature, region)

Measure: Shoulder width (irrespective of lane/pavement width).

Roads: Rural two-lane roads.

Crashes: SV and head-on, injury crashes.

Results:



Shoulder width	
Saleem & Persaud, 2017 (USA) Cross sectional	<p><b>Increasing shoulder width –</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Curves: Fewer crashes, especially on moderate grades, smaller effects on level and steep roads in curves</b></li> <li>▪ <b>Tangents: No relationship.</b></li> </ul> <p><u>Method:</u> Crash prediction models. <u>Measure:</u> Shoulder width (m); model predictor Ln(shoulder width). <u>Roads:</u> Rural 2-lane roads; AADT about 2200 (200-25000); shoulder widths from 0.3-3.8m (average ca. 1.3m). <u>Crashes:</u> All crashes, unspecified severity. <u>Results:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Curves: Wider shoulders – fewer crashes in curves. Effects of doubling shoulder width: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Greatest effect on moderate grades: -6.9%</li> <li>○ Smaller effects on level roads (-3.0%) and steep grades (-2.1%).</li> </ul> </li> <li>▪ Tangents: No relationship (shoulder width not among model predictors).</li> </ul>

## Skuldertype

Shoulder type																																																						
Harwood et al., 2000 (USA) Cross-sectional	<p><b>Paved shoulders – Fewer crashes.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Greater effect at higher AADT</b></li> <li>▪ <b>Greater effect for wider shoulders.</b></li> </ul> <p><u>Method:</u> CMF developed by expert panel based on literature review (BA and CC studies). <u>Measure:</u> Relationship between shoulder type and crashes (regardless of lane width). <u>Roads:</u> Rural 2-lane roads, low AADT. <u>Crashes:</u> Target crashes, unspecified severity: Single-vehicle run-off-road, multiple-vehicle same direction sideswipe accidents, and multiple-vehicle opposite-direction accidents. <u>Results:</u> CMFs for shoulder type (0 ft. and paved are reference; composite shoulders in this table represent a shoulder for which 50 percent of the shoulder width is paved and 50 percent of the shoulder width is turf)</p> <p><b>Table 3. Accident Modification Factors for Shoulder Types on Two-Lane Highways.</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Shoulder type</th> <th colspan="8">Shoulder width (ft)</th> </tr> <tr> <th>0</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>6</th> <th>8</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Paved</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>Gravel</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.01</td> <td>1.01</td> <td>1.01</td> <td>1.02</td> <td>1.02</td> <td>1.03</td> </tr> <tr> <td>Composite</td> <td>1.00</td> <td>1.01</td> <td>1.02</td> <td>1.02</td> <td>1.03</td> <td>1.04</td> <td>1.06</td> <td>1.07</td> </tr> <tr> <td>Turf</td> <td>1.00</td> <td>1.01</td> <td>1.03</td> <td>1.04</td> <td>1.05</td> <td>1.08</td> <td>1.11</td> <td>1.14</td> </tr> </tbody> </table> <p>Conversion: 1 ft = 0.305 m</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Paved vs. gravel, 3 ft. shoulder: -1%</li> <li>▪ Paved vs. gravel, 10 ft. shoulder: -3%.</li> </ul>	Shoulder type	Shoulder width (ft)								0	1	2	3	4	6	8	10	Paved	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Gravel	1.00	1.00	1.01	1.01	1.01	1.02	1.02	1.03	Composite	1.00	1.01	1.02	1.02	1.03	1.04	1.06	1.07	Turf	1.00	1.01	1.03	1.04	1.05	1.08	1.11	1.14
Shoulder type	Shoulder width (ft)																																																					
	0	1	2	3	4	6	8	10																																														
Paved	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00																																														
Gravel	1.00	1.00	1.01	1.01	1.01	1.02	1.02	1.03																																														
Composite	1.00	1.01	1.02	1.02	1.03	1.04	1.06	1.07																																														
Turf	1.00	1.01	1.03	1.04	1.05	1.08	1.11	1.14																																														
Ogden, 1997 (Australia) Before-After	<p><b>Paved shoulders – Fewer crashes.</b></p> <p><u>Method:</u> Before-after with comparison group. <u>Roads:</u> Rural 2-lane roads. Shoulder with typically 60-80 cm (up to 1.2m) <u>Crashes:</u> All crashes, unspecified severity <u>Results:</u> -43% (-66; -4)</p>																																																					

Shoulder type	
Rusli et al., 2017 (Malaysia) <b>Cross sectional</b>	<p><b>Paved shoulders and wide shoulders – Fewer SV crashes.</b></p> <p><u>Method:</u> Multivariate analysis, control for several potential confounding variables.</p> <p><u>Measure:</u> Proportion of segment lengths with bitumen shoulder / wide shoulder (&gt; 1.5m).</p> <p><u>Roads:</u> Rural 2-lane mountainous roads, AADT mean 1680 (300-5700).</p> <p><u>Crashes:</u> SV crashes, unspecified severity.</p> <p><u>Results:</u> Negative relationships between length of segments with bitumen shoulder and wide shoulders (&gt; 1.5m) and SV crashes.</p>
Zegeer et al., 1994 (USA) <b>Cross sectional</b>	<p><b>Paved shoulders – No effect on crashes on low volume roads.</b></p> <p><u>Method:</u> Multivariate analysis, control for several potential confounding variables.</p> <p><u>Roads:</u> Rural 2-lane low-volume roads, AADT below 2000.</p> <p><u>Crashes:</u> All crashes, unspecified severity</p> <p><u>Results:</u> No statistically significant difference in accident rates between paved and unpaved shoulders. A previous study by Zegeer et al. found slightly lower accident rates with paved shoulders, but then the volumes were higher.</p>
Zeng & Schrock, 2012 (USA) <b>Before-After</b>	<p><b>Composite shoulders (0.9 m paved, rest unpaved) – Fewer crashes for narrow shoulders.</b></p> <p><u>Method:</u> BA-EB.</p> <p><u>Roads:</u> Rural 2-lane roads with unpaved shoulders in the before period (narrow: &lt;5 ft./1.5 m; wide: &gt;5 ft. / 1.5 m). Mean AADT 980 (380 – 2340).</p> <p><u>Crashes:</u> All crashes, unspecified severity</p> <p><u>Results:</u></p> <p>Narrow shoulders:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ All crashes: -14% (-35; +14)</li> <li>▪ Injury crashes: -31% (-53; +2)</li> </ul> <p>Wide shoulders (incomplete data; insufficient data for calculating effect for injury crashes):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ All crashes: +42% (+8%; +86%).</li> </ul>

## Kombinerte effekter av kjørefelt- og skulderbredde

Combined effects of changed lane and shoulder width	
Carlsson & Lundkvist, 1992 (Sweden) <b>Before-After</b>	<p><b>Increased lane width, decreased shoulder width and tactile edge line - Fewer crashes (small non-significant and inconsistent reductions).</b></p> <p><u>Method:</u> Before-after with comparison group.</p> <p><u>Measure:</u> Increased lane width, decreased shoulder width (unchanged pavement width), <u>and tactile edge line</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lane width: From 3.75m to 5.50m</li> <li>▪ Shoulder width: From 2.75m to 1.00m</li> <li>▪ Edge line: From 10 cm dotted to 30 cm unbroken tactile Kamflex ("profilert vegoppmerking").</li> </ul> <p><u>Roads:</u> Rural two-lane roads ("motortrafikled", total pavement width 13m). AADT and speed limit unspecified.</p> <p><u>Crashes:</u> All crashes (except for animal collisions)</p> <p><u>Results:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Unspecified severity crashes: -7 (-50; +74)</li> <li>▪ Injury crashes: -20 (-73; +143)</li> <li>▪ Injured persons: -2 (-57; +123)</li> </ul>

Combined effects of changed lane and shoulder width																																																								
DeLuca, 1986 (USA)	<b>Decreased lane width and increased shoulder width - No effect on total crash numbers, but was accompanied by an increase in rear-end crashes.</b>																																																							
<b>Before-After</b>	<b>Method:</b> Before-after with comparison group. <b>Measure:</b> Decreased lane width, increased shoulder width, unchanged pavement width. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lane width: From 12 to 11 ft. (3.66 m to 3.35 m)</li> <li>▪ Shoulder width: From 3 to 7 ft. (0.91 m to 2.13 m).</li> </ul> <b>Roads:</b> Motorways, six to eight lanes, high AADT. <b>Crashes:</b> All crashes. <b>Results:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Injury crashes: -6 (-22; +12)</li> <li>▪ PDO crashes: +4 (-10; +19)</li> <li>▪ "Rear-end type of accident situation beginning to emerge"</li> </ul>																																																							
Gross et al., 2009 (USA)	<b>Increasing lane width at given road width – No effect.</b>																																																							
<b>Cross sectional (own study 1)</b>	<b>Method:</b> Matched case control study; matched by AADT and segment length, multivariate control for speed limit and other variables. <b>Measure:</b> Varying lane width at given pavement width. <b>Roads:</b> Rural two-lane undivided roads, AADT mostly between 200 and 11000. <b>Crashes:</b> All crashes. <b>Results</b> from own study; rel. crash numbers (1 at highest road and lane width), by road width (columns represent lane widths):																																																							
	<table border="1"> <caption>Relative crash numbers by road width and lane width</caption> <thead> <tr> <th>State</th> <th>Road Width (m)</th> <th>3.05m Lane</th> <th>3.35m Lane</th> <th>3.66m Lane</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6">Pennsylvania</td> <td>7.92</td> <td>1.13</td> <td>1.13</td> <td>1.88</td> </tr> <tr> <td>8.53</td> <td>1.20</td> <td>1.16</td> <td>1.19</td> </tr> <tr> <td>9.14</td> <td>1.22</td> <td>1.11</td> <td>1.11</td> </tr> <tr> <td>9.75</td> <td>0.75</td> <td>1.06</td> <td>1.04</td> </tr> <tr> <td>10.36</td> <td>0.84</td> <td>0.87</td> <td>1.96</td> </tr> <tr> <td>10.97</td> <td>0.38</td> <td>0.90</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td rowspan="6">Washington</td> <td>7.92</td> <td>1.98</td> <td>1.71</td> <td>1.71</td> </tr> <tr> <td>8.53</td> <td>0.75</td> <td>1.15</td> <td>1.43</td> </tr> <tr> <td>9.14</td> <td>1.25</td> <td>1.58</td> <td>1.27</td> </tr> <tr> <td>9.75</td> <td>1.49</td> <td>1.07</td> <td>1.07</td> </tr> <tr> <td>10.36</td> <td>1.15</td> <td>0.89</td> <td>1.15</td> </tr> <tr> <td>10.97</td> <td>0.47</td> <td>1.08</td> <td>1.00</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wider roads – fewer crashes</li> <li>▪ <b>Wider lanes – no clear pattern</b> (overall analysis shows that wider lanes on average are associated with fewer crashes).</li> </ul>	State	Road Width (m)	3.05m Lane	3.35m Lane	3.66m Lane	Pennsylvania	7.92	1.13	1.13	1.88	8.53	1.20	1.16	1.19	9.14	1.22	1.11	1.11	9.75	0.75	1.06	1.04	10.36	0.84	0.87	1.96	10.97	0.38	0.90	1.00	Washington	7.92	1.98	1.71	1.71	8.53	0.75	1.15	1.43	9.14	1.25	1.58	1.27	9.75	1.49	1.07	1.07	10.36	1.15	0.89	1.15	10.97	0.47	1.08	1.00
State	Road Width (m)	3.05m Lane	3.35m Lane	3.66m Lane																																																				
Pennsylvania	7.92	1.13	1.13	1.88																																																				
	8.53	1.20	1.16	1.19																																																				
	9.14	1.22	1.11	1.11																																																				
	9.75	0.75	1.06	1.04																																																				
	10.36	0.84	0.87	1.96																																																				
	10.97	0.38	0.90	1.00																																																				
Washington	7.92	1.98	1.71	1.71																																																				
	8.53	0.75	1.15	1.43																																																				
	9.14	1.25	1.58	1.27																																																				
	9.75	1.49	1.07	1.07																																																				
	10.36	1.15	0.89	1.15																																																				
	10.97	0.47	1.08	1.00																																																				

**Combined effects of changed lane and shoulder width**

Gross et al., 2009 (USA) **Increasing lane width on narrow roads (unchanged pavement width)**

**Cross sectional (own study 2)**

- **Decreasing** crashes at AADT > 1000
- **Increasing** crashes at AADT < 1000

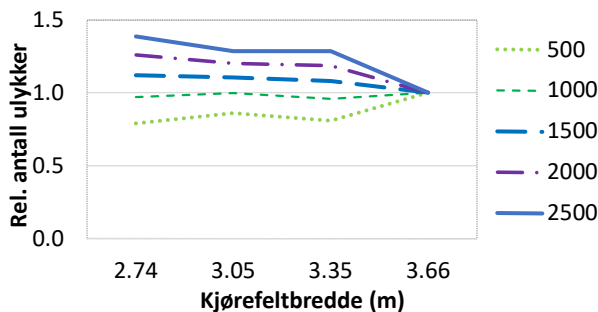
Method: Matched case control study; matched by AADT and segment length, multivariate control for speed limit and other variables.

Measure: Varying lane width, all roads with pavement width 7.32m; shoulder width from 0m (3.66m lane width) to 0.92m (for 2.74 lane width).

Roads: Rural two-lane undivided roads, AADT 500-2500.

Crashes: All crashes.

Results from own study; rel. crash numbers (1 for widest lanes, 3,66m), by road width (lines represent different volumes); pavement width 7,32m for all roads; shoulder width 0-0.92m:



Gross et al., 2009 (USA)

**Cross sectional (other studies)**

**Increasing lane width at given road width – no effect (overall: fewer crashes because of association between lane and road width and negative relationship between road width and crashes).**

Method: Other studies (different methods, most likely case control).

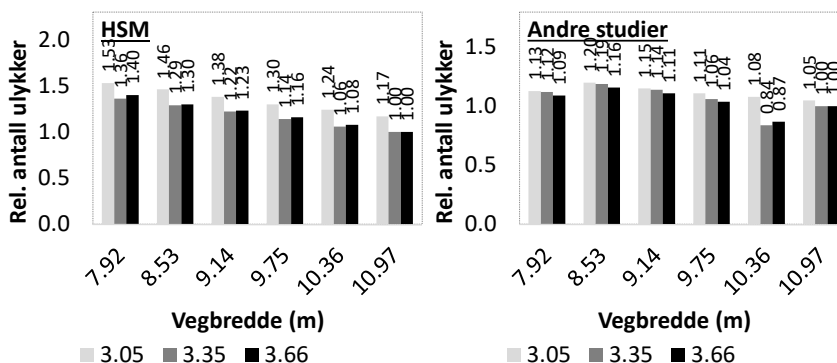
Measure: Varying lane width at given pavement width.

Roads: Rural two-lane undivided roads.

Crashes: All crashes.

Results from other studies; rel. crash numbers (1 at highest road and lane width), by road width (columns represent lane widths):

- Wider roads – fewer crashes
- Wider lanes – no clear pattern (overall analysis shows that wider lanes on average are associated with fewer crashes, but this figure shows that there are only small difference within categories of road width).





**Combined effects of changed lane and shoulder width**

Sakshaug et al., 2004 (Norway)  
**Before-after**

Method: Before-after study with comparison group

Measure: Reduced lane width and increased shoulder width (unchanged pavement width) on roads with shoulder widths below 50 cm in before situation, and minimum shoulder width of 50 cm in after situation.

Roads: Rural two-lane undivided roads; proportion with center line 80% before and 27% after (center line removal on ca. 50% of roads was due to too narrow remaining lane width).

Crashes: Injury crashes.

Results:

- Reduction of injury crashes, but maybe due to other factors
- Crash reduction about equal in winter and summer months (no change was expected in winter when road markings are covered by snow most of the time).
- Trend: Increasing head-on crashes and decrease of run-off-road crashes.
- Trend: Increasing crashes on roads where center lines were removed; however, the increase was mainly found among run-off-road crashes, not among head-on crashes that were expected to increase.

Shaon & Qin, 2016 (USA)  
**Cross sectional**

Interaction effect lane\*shoulder width: Unclear pattern, mostly wider lanes – more crashes.

Method: Crash prediction model.

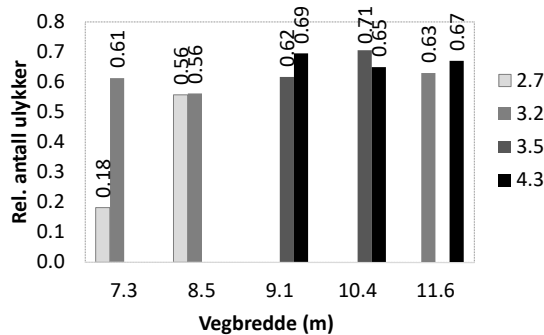
Measure: Dummy variables for main and interaction effects of lane and shoulder width.

Roads: Rural two-lane undivided roads.

Crashes: All crashes.

Results:

- Fewest crashes on roads with narrowest lanes and shoulders.
- Lane width: No clear pattern overall or within shoulder width categories
- Shoulder width: For the most part fewer crashes for wider shoulders
- Combinations: Rel. N of crashes (1 at 0-2 ft. shoulders + < 10 ft. lanes; columns show different lane widths)



**Combined effects of changed lane and shoulder width**

Zegeer et al., 1994 (USA)  
**Cross sectional, weak method**

**Narrower lanes + wider shoulders**

- Fewer crashes on low volume roads
- No difference on high-volume roads

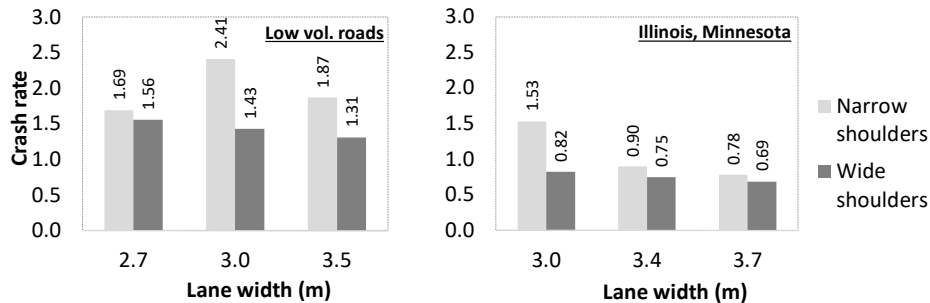
Method: Crash rate comparison.

Roads: Rural 2-lane low-volume roads, AADT below 2000. Wide shoulders: 1.5m or more (0,9m or more for 3 meter lanes)

Crashes: SV and head-on crashes, unspecified severity.

Results: Crash rates by lane width and shoulder width from two data sets for low volume roads.

- Wider shoulders – fewer crashes (all lane widths, larger effect for narrower lanes (except the narrowest (2.7m)).
- Wider lanes – fewer crashes (all shoulder widths, larger effect for narrower shoulders); but NOT the narrowest lanes (1.7m).
- Combination: Wide lanes (3.4-3.7m) and narrow shoulders vs. narrow lanes (3.0m) and wide shoulders (not strictly same pavement width):
  - All roads: **Wide shoulders and narrow lanes** preferable
  - Low volume roads: Greater differences.



Zegeer et al., 1981 (USA)  
**Cross sectional, weak method**

**Narrower lanes + wider shoulders (same pavement width) – Fewer crashes**

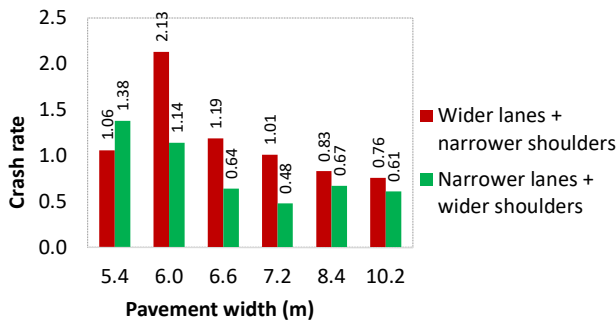
Method: Crash rate comparison.

Roads: Rural 2-lane low-volume roads, AADT mostly below 2500 (average 1100; max 20000); lane width 2.1-4.0 (mostly 2.4-3.4); shoulder width 0-3.7.

Crashes: SV and head-on crashes, unspecified severity.

Results: Crash rates by lane width and shoulder width at about equal pavement width.

- Pavement widths ≥6 meter: Narrower lanes and wider shoulders preferable.
- Pavement width = 5.4 meter: Wider lanes and narrower shoulders preferable (small difference).



## Antall kjørefelt

Number of lanes	
<p>Ahmed et al., 2015 (USA) <b>Before-After (EB)</b></p>	<p><b>Two- to four lane divided – fewer crashes.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Stronger effect in urban than in rural areas</li> <li>▪ Greater effect at higher volumes.</li> </ul> <p><u>Method:</u> BA-EB study. <u>Measure:</u> Conversion from two-lane to four-lane divided roads. <u>Roads:</u> Rural and urban roads, Mean AADT 19,000 (urban) / 10,000 (rural) <u>Crashes:</u> All crashes, by severity <u>Results:</u> Effect on converting two- to four-lane divided roads (crash effect (SD)):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Urban, total crashes: -64.8% (8.76)</li> <li>▪ Urban, injury crashes: -64.4% (8.81)</li> <li>▪ Rural, total crashes: -25.87% (9.4)</li> <li>▪ Rural, injury crashes: -49.42% (7.19)</li> </ul>
<p>Carlsson, 2009 (Sweden) <b>Cross sectional (weak method)</b></p>	<p><b>Four- vs. three-lane – Fewer crashes</b></p> <p><u>Method:</u> Crash rate comparison, similar cross section (besides number of lanes) and same speed limit <u>Measure:</u> Four- vs. three lane (divided) <u>Roads:</u> Rural roads <u>Crashes:</u> All crashes <u>Results:</u> Compared to three-lane</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 90 km/h, at-grade intersections: -7%</li> <li>▪ 110 km/h, grade-separated intersections: -3%.</li> </ul>
<p>Council &amp; Stewart, 1999 (USA) <b>Cross sectional</b></p>	<p><b>Four- vs. two-lane – Fewer crashes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Greater crash reduction if four-lane is divided</li> <li>▪ Undivided: Greater crash reduction at lower volume.</li> </ul> <p><u>Method:</u> Crash prediction models. <u>Measure:</u> Four-lane (divided or undivided) vs. two-lane (undivided) roads. <u>Roads:</u> Rural roads, AADT 0-40,000 <u>Crashes:</u> All crashes <u>Results:</u> Compared to two-lane</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Four-lane <i>divided</i>: Crash reductions 40-60%</li> <li>▪ Four-lane <i>undivided</i>: Crash reductions from 20% to slight increase.</li> </ul>
<p>Elvik et al., 2017 (Norway) <b>Before-After (EB)</b></p>	<p><b>Two- to four lane divided (motorway) – fewer serious crashes (killed/seriously injured), unchanged injury crashes.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Greater effects on more serious crashes.</li> </ul> <p><u>Method:</u> BA-EB study. <u>Measure:</u> Conversion from two-lane to four-lane divided roads (motorway). <u>Roads:</u> No information available. <u>Crashes:</u> All crashes, by severity. <u>Results:</u> Effect on converting two- to four-lane divided roads (in parentheses: CMF and SD):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Total crashes: -2.9% (0.971 (0.112))</li> <li>▪ Serious crashes (killed/seriously injured): -74.9% (0.251 (0.049)).</li> </ul>

Number of lanes	
<p>Fitzpatrick et al., 2005 (USA)</p>	<p><b>Four- vs. two-lane – Fewer crashes at total pavement width of 16.5 meter or more (at volumes up to 6000) At higher volumes no relationship between pavement width and crashes</b></p> <p><u>Method</u>: Crash prediction models.</p> <p><u>Measure</u>: Four-lane roads with narrow shoulders vs. two-lane roads with wide shoulders (same total pavement width).</p> <p><u>Roads</u>: Rural roads <u>without median</u> or median barrier.</p> <p><u>Crashes</u>: All crashes.</p> <p><u>Results</u>: <u>Four-lane</u> roads with narrow shoulders are <u>safer</u> than two-lane roads with wide shoulders (same total pavement width):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ AADT up to 6000: From pavement width 16,5 meter</li> <li>▪ AADT 8000-1000: From pavement width 16,2 meter</li> <li>▪ AADT over 10000: From pavement width 15,9 meter.</li> </ul>
<p>Gates et al., 2015 (USA)</p> <p><b>Cross sectional</b></p>	<p><b>Four- vs. two-lane –</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>More crashes on undivided roads</b></li> <li>▪ <b>Fewer crashes on divided roads.</b></li> </ul> <p><u>Method</u>: Crash prediction model (controlled for volume, access points, curvature, urban area; not controlled for lane/shoulder width).</p> <p><u>Measure</u>: Four- vs. two-lane road.</p> <p><u>Roads</u>: Non-freeways</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Divided: AADT 9200 (100-28600)</li> <li>▪ Undivided: AADT 5800 (100-21000).</li> </ul> <p><u>Crashes</u>: All crashes.</p> <p><u>Results</u>: Four vs. two-lane roads</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Divided roads: Fewer crashes (-40%)</li> <li>▪ Undivided: More crashes (+11%)</li> </ul>
<p>Park, Abdel-Aty, Wang, &amp; Lee, 2015 (USA)</p> <p><b>Before-After (EB)</b></p>	<p><b>Four- to six lane – fewer crashes.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Greater effects on injury crashes than on crashes with unspecified severity</b></li> <li>▪ <b>Greater effects on roads with wider shoulders than on roads with narrower shoulders.</b></li> </ul> <p><u>Method</u>: BA-EB study.</p> <p><u>Measure</u>: Conversion from four-lane to six-lane.</p> <p><u>Roads</u>: Urban roads.</p> <p><u>Crashes</u>: All crashes, by severity.</p> <p><u>Results</u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Injury crashes: -24 (-38; -7)</li> <li>▪ Unspecified severity: -15 (-27; -1)</li> <li>▪ Greater effects on roads with wider shoulders (<math>\leq 6</math> ft.: -30% injury / -26% total crashes) than on roads with narrower shoulders (<math>\leq 4</math> ft.: -19% injury / -8% total crashes)</li> </ul>
<p>Rengarasu et al., 2009 (Japan)</p> <p><b>Cross sectional</b></p>	<p><b>Four-/six vs. two-lane – fewer crashes.</b></p> <p><u>Method</u>: Crash prediction model (controlled for volume, grade and lane width; <i>not</i> controlled for un-/divided).</p> <p><u>Measure</u>: Four- vs. two-lane road.</p> <p><u>Roads</u>: Two- to six-lane roads, AADT 1180-57862. Divided/undivided unspecified.</p> <p><u>Crashes</u>: All crashes, <u>unspecified</u> severity.</p> <p><u>Results</u>: Adding lanes is associated with a decrease of crashes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ + one lane per direction: -34%</li> <li>▪ + two lanes per direction: -56%.</li> </ul>

Number of lanes	
<p>Tegge et al., 2010 (USA)</p> <p><b>Cross sectional</b></p>	<p><b>Add a lane – fewer crashes.</b></p> <p><u>Method:</u> Crash prediction model (controlled for a large number of road characteristics).</p> <p><u>Measure:</u> N of lanes (numerical predictor).</p> <p><u>Roads:</u> All roads.</p> <p><u>Crashes:</u> All crashes, unspecified severity.</p> <p><u>Results:</u> Adding lanes is associated with a decrease of crashes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ + one lane per direction: +16%</li> <li>▪ + two lanes per direction: +33%.</li> </ul>
<p>Yannis et al., 2005 (Greece)</p> <p><b>Before-After</b></p>	<p><b>Two-lane undivided to six-lane divided (motorway) – fewer crashes (RTM not controlled).</b></p> <p><u>Method:</u> BA study (crash rates before and after, partly with comparison).</p> <p><u>Measure:</u> Conversion from two-lane undivided (plus emergency lanes) to motorway (six-lane divided plus emergency lanes).</p> <p><u>Roads:</u> No information about AADT and speed limit available.</p> <p><u>Crashes:</u> All crashes.</p> <p><u>Results:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Crash rate: -62% (simple BA, not controlled for anything)</li> <li>▪ Killed per 100 crashes: -9% (simple BA, not controlled for anything)</li> <li>▪ Crashes: -50% (-60; -36) (BA with comparison).</li> </ul>

## Midtdelerbredde

<p>Park, Abdel-Aty &amp; Wang, 2015 (USA)</p> <p><b>Before-After / Crash prediction model</b></p>	<p><b>Add lanes + reduce median and/or shoulder width – More crashes.</b></p> <p><u>Measure:</u> Decreasing median width at the same time as the number of lanes increases from four to six</p> <p><u>Method:</u> Before-after / crash prediction models.</p> <p><u>Roads:</u> Urban four-lane roads, widened to six-lane.</p> <p><u>Results:</u> Narrower shoulders and medians is associated with increased crashes. Effects of narrowing median width are smaller than those of narrowing shoulder width for all crashes. For injury crashes, the effects of narrowing medians and shoulders are about the same.</p>
<p>Tarko, Villwock, &amp; Blond, 2008 (USA)</p> <p><b>Before-After / Crash prediction model</b></p>	<p><b>Add lanes + reduce median width without adding barriers – More serious crashes, particularly opposite direction crashes.</b></p> <p><b>Add lanes + reduce median width + concrete barriers - eliminates opposite direction crashes but doubles the frequency of single-vehicle crashes and increases crash severity.</b></p> <p><u>Measure:</u> Decreasing median width at the same time as the number of lanes increases from four to six</p> <p><u>Method:</u> Before-after / crash prediction models. The aim of the study is to find a balance between safety and construction costs as freeways are extended from four to six lanes to accommodate increasing volumes.</p> <p><u>Roads:</u> Four- and six-lane freeways. Presumably very high AADT and high speed limit (no information available).</p> <p><u>Results:</u> Crash effects by crash type (no results for total crash numbers):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reducing the median width without adding barriers (the remaining median width is still reasonably wide) increases the severity of crashes, particularly opposite direction crashes.</li> <li>▪ Reducing the median and installing concrete barriers eliminates opposite direction crashes but doubles the frequency of single-vehicle crashes and tends to lessen the frequency of same direction crashes. The crash severity also tends to increase.</li> </ul>

---

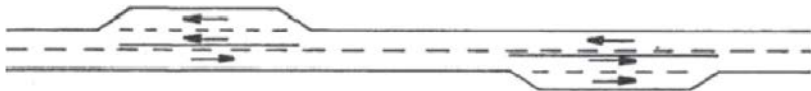
Taylor et al., 2018 (USA)  <b>Crash prediction model</b>	<p><b><u>Increase median width – More crashes.</u></b></p> <p><u>Measure:</u> Median width</p> <p><u>Method:</u> Crash prediction models.</p> <p><u>Roads:</u> Freeway.</p> <p><u>Results:</u> Increasing median width is associated with increasing crash numbers</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ &lt;12 meter median width (vs. 12-24 meter): -17% crashes</li> <li>▪ &gt;24 meter median width (vs. 12-24 meter): +3% crashes.</li> </ul>
---	---

---

## Forbikjøringsfelt

<b>Passing lanes</b>										
Bonneson et al., 2006 (USA)  <b>Expert panel</b>	<p><b><u>Passing lanes - Fewer crashes.</u></b></p> <p><u>Measure:</u> Passing lanes</p> <p><u>Method:</u> Crash modification factor.</p> <p><u>Roads:</u> Rural 2-lane roads.</p> <p><u>Results:</u> Crash reductions on segments with passing lanes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ One direction (three-lane segments): -25%</li> <li>▪ Both directions (four-lane segments): -35%.</li> </ul>									
Cafiso et al., 2017 (Italy)  <b>Before-After</b>	<p><b><u>Passing lanes - Fewer crashes.</u></b></p> <p><u>Measure:</u> Intermittent passing lanes</p> <p><u>Method:</u> BA-EB.</p> <p><u>Roads:</u> Rural 2-lane roads. AADT mean ca. 13000 (ca. 6000-19000).</p> <p><u>Results:</u> Effects on unspecified severity crashes; target crashes include MV crashes (head-on, rear-end, opposite and same-direction sideswipe crashes)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;"></th> <th style="width: 20%; text-align: center;"><u>All crashes</u></th> <th style="width: 20%; text-align: center;"><u>Target crashes</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Passing lane segments</td> <td style="text-align: center;">-47 (-72; 0)</td> <td style="text-align: center;">-49 (-76; +8)</td> </tr> <tr> <td>Passing lane and up-/downstream (0.5-1 km)</td> <td style="text-align: center;">-4 (-44; +65)</td> <td style="text-align: center;">-26 (-64; +52)</td> </tr> </tbody> </table>		<u>All crashes</u>	<u>Target crashes</u>	Passing lane segments	-47 (-72; 0)	-49 (-76; +8)	Passing lane and up-/downstream (0.5-1 km)	-4 (-44; +65)	-26 (-64; +52)
	<u>All crashes</u>	<u>Target crashes</u>								
Passing lane segments	-47 (-72; 0)	-49 (-76; +8)								
Passing lane and up-/downstream (0.5-1 km)	-4 (-44; +65)	-26 (-64; +52)								
Donnell et al., 2014 (USA)  <b>Cross sectional</b>	<p><b><u>Passing zones - Fewer crashes (-21%).</u></b></p> <p><u>Measure:</u> “Passing zones” – description lacking, may be a zone without “no passing” or with a passing lane.</p> <p><u>Method:</u> Crash prediction model.</p> <p><u>Roads:</u> Rural 2-lane roads, AADT 74-28700 (mean 3300).</p> <p><u>Results:</u> Effects on unspecified severity crashes, segments with passing zones have on average 21% fewer crashes than segments without passing zones (regardless of severity).</p>									
Gates et al., 2015 (USA)  <b>Cross sectional</b>	<p><b><u>Passing lane presence – Fewer crashes (-6%). No-passing zone - More crashes.</u></b></p> <p><u>Method:</u> Crash prediction model.</p> <p><u>Measure:</u> Presence of passing lane (no description).</p> <p><u>Roads:</u> Non-freeways, undivided. AADT 5800 (100-21000).</p> <p><u>Crashes:</u> All crashes.</p> <p><u>Results:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Presence of passing lane – fewer crashes (-6%)</li> <li>▪ Percentage of no-passing zone – more crashes.</li> </ul>									

---

Passing lanes													
<p>Haq et al., 2019 (USA)</p> <p><b>Cross sectional</b></p>	<p><b>Climbing lanes - Fewer crashes.</b></p> <p><u>Measure:</u> Climbing lanes</p> <p><u>Method:</u> Case control with propensity score matching.</p> <p><u>Roads:</u> Rural 2-lane roads.</p> <p><u>Results:</u> Crash effects:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Total crashes: -43%</li> <li>Truck crashes: -45%.</li> </ul>												
<p>Hou et al., 2019 (China)</p> <p><b>Cross sectional</b></p>	<p><b>Climbing lanes - Fewer crashes.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mitigated adverse effects of high truck volumes.</li> </ul> <p><u>Measure:</u> Climbing lanes</p> <p><u>Method:</u> Cross sectional, propensity score matching.</p> <p><u>Roads:</u> Freeways.</p> <p><u>Results:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Crashes per mill. veh.km: -17%</li> <li>Adverse effects of high truck volumes mitigated.</li> </ul>												
<p>Park, Fitzpatrick, &amp; Brewer, 2012 (USA)</p> <p><b>Before-After</b></p>	<p><b>Passing lanes (super 2 highways) - Fewer crashes.</b></p> <p><u>Measure:</u> "Super 2 highways", three-lane roads with passing lane (alternating direction) vs. two-lane road (the description given in the paper is insufficient, but this is the most likely interpretation, i.e. that these are not intermittent passing lanes but that most of the roads have passing lanes).</p> <p><u>Method:</u> BA-EB.</p> <p><u>Roads:</u> Rural 2-lane roads. AADT 6300-7000.</p> <p><u>Results:</u> -35% unspecified severity crashes on road segments (not including intersections).</p>												
<p>Persaud et al., 2013 (USA)</p> <p><b>Before-After</b></p>	<p><b>Passing lanes - Fewer injury crashes (up to 1 mi. from the passing lane).</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Only injury crashes are reduced, not unspec. severity crashes</li> <li>Possibly greater effects up-/downstream than on passing lane segments.</li> </ul> <p><u>Measure:</u> Passing relief lanes:</p>  <p><u>Method:</u> Before-after / crash prediction models. The aim of the study is to find a balance between safety and construction costs as freeways are extended from four to six lanes to accommodate increasing volumes.</p> <p><u>Roads:</u> Rural two-lane roads. Mean AADT 4600 (2400-7200). Speed limit 55 mph (88 km/h).</p> <p><u>Results (incl. in meta):</u> Effects on non-intersection related crashes:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th><u>Unspec. sev.</u></th> <th><u>Injury</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Passing lane segments</td> <td>+8 (-15; +37)</td> <td>-33 (-62; +17)</td> </tr> <tr> <td>Up-/downstream (1 mi.)</td> <td>+2 (-21; +33)</td> <td>-46 (-70; -2)</td> </tr> <tr> <td>All</td> <td>+6 (-12; +27)</td> <td>-37 (-60; -2)</td> </tr> </tbody> </table>		<u>Unspec. sev.</u>	<u>Injury</u>	Passing lane segments	+8 (-15; +37)	-33 (-62; +17)	Up-/downstream (1 mi.)	+2 (-21; +33)	-46 (-70; -2)	All	+6 (-12; +27)	-37 (-60; -2)
	<u>Unspec. sev.</u>	<u>Injury</u>											
Passing lane segments	+8 (-15; +37)	-33 (-62; +17)											
Up-/downstream (1 mi.)	+2 (-21; +33)	-46 (-70; -2)											
All	+6 (-12; +27)	-37 (-60; -2)											

**Passing lanes**

Persaud et al., 2020 (USA)  
**Cross sectional**

**Passing lanes – Fewer crashes**

- Greater effects for longer passing lanes

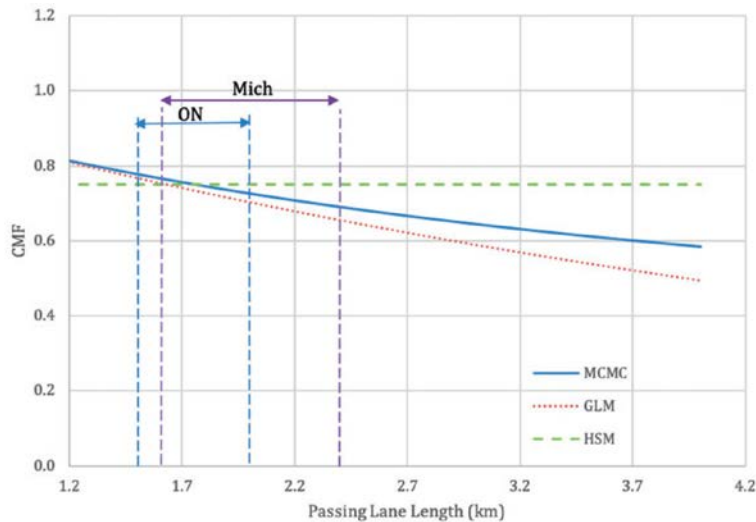
Measure: Passing lanes.

Method: Crash modification function for passing lane length.

Roads: Rural two-lane roads, AADT mean ca. 5000 (1000-30000).

Results (incl. in meta): Crash reduction greater for longer passing lanes (*not in meta*)

- 1.2 km passing lane: -20%
- 3.7 km passing lane: -40%.



Myers et al., 2011 (USA)  
**Before-After**

**Passing lanes – Fewer injury crashes, small effect on total crashes**

- Greater effect in passing lane than up-/downstream.

Measure: Passing lanes.

Method: Before-after Empirical Bayes.

Roads: Rural two-lane roads, AADT and speed limit unspecified.

Results (incl. in meta): Effects on injury crashes:

- Injury: Greater effect in passing lane (-51%) than up-/downstream (-31%); all non-significant
- Unspec. severity: Small and ns effects, ±0% combined in passing lane and up/downstream.

Schumaker et al., 2017 (USA)  
**Before-After**

**Passing lanes – Fewer injury crashes.**

- Greater effect in whole corridor than in passing lane.
- Greater effect on unspec. severity than on injury crashes.

Measure: Passing lanes.

Method: BA-EB.

Roads: Rural two-lane roads, low volumes (not specified).

Results (incl. in meta): Effects on crashes:

	Unspec. sev.	Injury	ROR
In passing lane	-32 (-45; -16)	-20 (-40; +7)	-25 (-39; -7)
Whole corridor	-42 (-58; -20)	-33 (-56; +2)	-34 (-51; -10)



Passing lanes	
Elvik et al., 2009 (Handbook of Road Safety Measures) <b>Meta-analysis</b>	<p><b>Passing lanes – Fewer crashes (-9%, ns, weak studies, no control for publication bias).</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>No difference between degrees of severity (injury, PDO, and unspec. severity)</li> <li>No systematic comparisons between passing lane segments vs. up-/downstream.</li> </ul> <p><u>Measure:</u> Passing lanes vs. no passing lanes.</p> <p><u>Method:</u> Meta-analysis of older studies from previous versions of the Handbook of Road Safety Measures. Studies included in meta-analysis:</p> <p>Sinclair &amp; Knight, 1971 (USA) Statens Vägverk, 1979 (Sweden) Harwood &amp; St John, 1985 (USA) Tiehallinto, 1998 (Finland) Mutabazi, Russell, &amp; Stokes, 1999 (USA) Potts &amp; Harwood, 2004 (USA)</p> <p><u>Roads:</u> Rural two-lane roads.</p> <p><u>Results:</u> Effect estimates refer to crashes on the sections with passing lanes and sections up- and downstream of the passing lanes.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>All crashes, unspecified severity -15% (-25; -4)</li> <li>With control for publication bias -9% (-22; +6)</li> </ul>

## Sideterreng: Skråninger

Sideterreng: Skråninger																																				
Elvik et al., 2009 (metaanalyse)	<p><u>Tiltak:</u> Stigning på skråninger; metaanalyse av tre eldre studier (Dotson, 1982; Missouri DoT, 1980; Graham &amp; Harwood, 1982)</p> <p><u>Veger:</u> Uspesifisert</p> <p><u>Ulykker:</u> Personskadeulykker</p> <p><u>Virkning:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Utflating fra 1:3 til 1:4: -42% (-46; -38)</li> <li>Utflating fra 1:4 til 1:6: -22% (-26; -18)</li> </ul>																																			
Allaire et al., 1996 (USA)	<p><u>Tiltak:</u> Utflating av skråninger (<b>side slope</b>; stigningen uspesifisert for både før og etter), <b>før-etter</b> studie (resultat kan være påvirket av andre TS-tiltak)</p> <p><u>Veger:</u> Uspesifisert</p> <p><u>Ulykker:</u> Alle ulykker</p> <p><u>Virkning:</u> -36% ulykker etter utflating av skråninger uten systematiske forskjeller mellom skadegradene (materielle-, personskade-, dødsulykker)</p>																																			
Al-Masaeid et al., 1997 (Canada)	<p><u>Tiltak:</u> Skråning (<b>side slope</b>) (del av utvikling av «roadside hazard index»)</p> <p><u>Veger:</u> 2-feltsveger i spredtbygd strøk</p> <p><u>Ulykker:</u> Eneulykker / alle ulykker</p> <p><u>Virkning:</u></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Avstand til faste objekter</th> <th>Veggrøft</th> <th>Rel. antall eneulykker</th> <th>Rel. ant. ulykker</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Skråning</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1:6 eller flatere</td> <td>&gt; 20m</td> <td>&lt; 1m</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> </tr> <tr> <td>1:3 eller flatere</td> <td>&gt; 10m</td> <td>&lt; 1m</td> <td>1,56</td> <td>1,16</td> </tr> <tr> <td>1:3 eller flatere</td> <td>&gt; 5m</td> <td>&lt; 3m</td> <td>2,02</td> <td>1,27</td> </tr> <tr> <td>1:3 eller brattere</td> <td>&gt; 5m</td> <td>&lt; 3m</td> <td>2,43</td> <td>1,36</td> </tr> <tr> <td>1:3 eller brattere</td> <td>&lt; 5m</td> <td>&gt; 3m</td> <td>2,80</td> <td>1,42</td> </tr> </tbody> </table>		Avstand til faste objekter	Veggrøft	Rel. antall eneulykker	Rel. ant. ulykker	Skråning					1:6 eller flatere	> 20m	< 1m	1,00	1,00	1:3 eller flatere	> 10m	< 1m	1,56	1,16	1:3 eller flatere	> 5m	< 3m	2,02	1,27	1:3 eller brattere	> 5m	< 3m	2,43	1,36	1:3 eller brattere	< 5m	> 3m	2,80	1,42
	Avstand til faste objekter	Veggrøft	Rel. antall eneulykker	Rel. ant. ulykker																																
Skråning																																				
1:6 eller flatere	> 20m	< 1m	1,00	1,00																																
1:3 eller flatere	> 10m	< 1m	1,56	1,16																																
1:3 eller flatere	> 5m	< 3m	2,02	1,27																																
1:3 eller brattere	> 5m	< 3m	2,43	1,36																																
1:3 eller brattere	< 5m	> 3m	2,80	1,42																																
Delays & Parada, 1986 (USA)	<p><u>Tiltak:</u> Grøfter/skråninger, dybde og stigning</p> <p><u>Veger:</u> Uspesifisert</p> <p><u>Ulykker:</u> Ulykker med velt</p> <p><u>Virkning:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Andelen <b>ulykker med velt</b> er dobbelt så høy på vegger med grøfter som er 1,2-1,5 meter dype (12,5% velteulykker) enn på vegger med 0,9 meter dype grøfter (25% velteulykker).</li> <li>For grøfter under 0,9 meter dybde ble det ikke funnet noen sammenheng mellom dybde og andelen <b>ulykker med velt</b>.</li> <li>Det anbefales at stigningen på skråninger ikke bør være brattere enn 1:3 når høyden er over 0,9 meter.</li> </ul>																																			

Sideterreng: Skråninger	
Lee & Mannering, 2002 (USA)	<p><u>Tiltak:</u> Bratte skråninger (<b>cut sideslope</b>)</p> <p><u>Veger:</u> Uspesifisert</p> <p><u>Ulykker:</u> Uspesifisert</p> <p><u>Virkning:</u> Veger med bratte skjæringer har 68% flere ulykker enn veger uten. Det er ikke spesifisert hverken hvor bratte skjæringer var før utflatingen eller hvor flate de var etterpå.</p>
Peng et al., 2012 (USA)	<p><u>Tiltak:</u> Stigning på skråninger; indikator for bratte skråninger (1 = flatt, ... 5 = bratt og stor høydeforskjell med stor risiko for alvorlig personskaade ved utforkjøring)</p> <p><u>Veger:</u> Tofeltsveger i spredtbygd strøk; ÅDT 800 (80-3500)</p> <p><u>Ulykker:</u> Utforkjøring med personskaade</p> <p><u>Virkning:</u> Brattest skråning (5) vs. flatt sideterreng (1) (stigning ikke spesifisert):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alle veger: 10 (4; 23) ganger så mange <b>utforkjøringsulykker</b>.</li> </ul> <p><u>Moderatorvariabler:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Omtrent samme effekt i kurver og på rette strekninger.</li> </ul>
Roque et al., 2015 (Portugal)	<p><u>Tiltak:</u> Bratte skråninger (1:3 eller brattere); det er noe <u>usikkert</u> hvorvidt det menes skråninger (nedover fra vegen) eller (løsmasse)skjæringer (variabelen «<b>slope</b>» er definert som «First harmful event being traversing/colliding with slope».</p> <p><u>Veger:</u> Motorveger</p> <p><u>Ulykker:</u> Utforkjøringsulykker hvor elementer ved sideterreng er innblandet</p> <p><u>Virkning:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Utforkjøringer på veger med bratte skråninger (1:3 eller brattere) medfører omtrent 5,7 ganger så høy <b>risiko for å bli drept</b> som utforkjøringer på veger uten slike skråninger.</li> <li>▪ Bratte skråninger har ikke sammenheng med <b>antall skadde</b> førere.</li> </ul>
Schrum et al., 2014 (USA)	<p><u>Tiltak:</u> Stigning og høyde på skråninger</p> <p><u>Veger:</u> Alle veger</p> <p><u>Ulykker:</u> Ulykkeskostnader (alle ulykker)</p> <p><u>Virkning:</u> Stigning (fra 1:2 til 1:6) og høyde (fra 0,3 til 4,0 meter)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bratt stigning (<b>1:2 eller 1:3</b>) i kombinasjon med høyde over 2 meter har høyeste <b>ulykkeskostnader</b></li> <li>▪ Bratt stigning eller stor høyde alene har liten eller ingen effekt på <b>ulykkeskostnader</b>.</li> </ul>
Vogt & Bared, 1998 (USA)	<p><u>Tiltak:</u> Roadside hazard rating, bestående av stigning på skråning og avstand mellom vegskulder og faste objekter (stolper, trær, fjell)</p> <p><u>Veger:</u></p> <p><u>Ulykker:</u> Alle ulykker</p> <p><u>Virkning:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Brattere skråninger medfører <b>flere ulykker</b>; 21% flere ulykker i den bratteste kategorien (1:2 eller brattere og &lt; 1,5 meter avstand til faste objekter) enn i den flateste kategorien (1:4 eller flatere og &gt;9m avstand) – ikke bare effekt av skråning, også avstand.</li> <li>▪ Ved 1:3 regnes det som nesten umulig å gjenvinne kontrollen ved utforkjøring</li> <li>▪ Fra 1:2 eller brattere regnes det som umulig å gjenvinne kontrollen ved utforkjøring</li> </ul>
Zegeer et al., 1988; Zegeer & Council, 1995 (USA)	<p><u>Tiltak:</u> Stigning på skråninger (resultater fra samme studie publisert i to artikler)</p> <p><u>Veger:</u> Tofeltsveger i spredtbygd strøk</p> <p><u>Ulykker:</u> Utforkjøringsulykker</p> <p><u>Virkning:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Omtrent lineær sammenheng mellom stigning og <b>antall utforkjøringsulykker</b> når stigningen er på 1:3 eller brattere. Antall ulykker går ned med <b>6-8% per reduksjon i fallet (1:4, 1:5, 1:6, 1:7)</b>.</li> <li>▪ Unntak: Reduksjon av fallet fra 1:2 til 1:3 reduserer antall ulykker kun i liten grad (-2%).</li> </ul>

## Sideterreng: Påkjøring av faste objekter

Sideterreng: Påkjøring av faste objekter	
Bambach et al., 2013 (Australia)	<p><b>Tiltak:</b> Påkjørte objekter i eneulykker</p> <p><b>Veger:</b> Alle veger</p> <p><b>Ulykker:</b> Motorsykelulykker med påkjøring av fast objekt</p> <p><b>Virkning:</b> Relativ risiko for <b>alvorlig skade</b> (vs. lettere skade) ved påkjøring av objekt X (vs. rekkverk):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Stolpe: 2,15</li> <li>▪ Tre: 1,77</li> <li>▪ Skiltstolpe/gjerde: 1,55</li> <li>▪ Grøft: 1,46</li> <li>▪ Voll: 0,84.</li> </ul>
Holdridge et al., 2005 (USA)	<p><b>Tiltak:</b> Ulike faste hindre som er påkjørt i ulykker</p> <p><b>Veger:</b> Veger i tettbygd strøk (urban state roads)</p> <p><b>Ulykker:</b> Utforkjøring med påkjøring av fast objekt</p> <p><b>Virkning:</b> Rel. risiko for å bli <b>D/HS</b> (vs. lettere skadd) ved påkjørsel av objekt X (vs. <b>påkjørsel av annet</b> objekt, inkl. rekkverk, grøfter, skilt, postbokser og annet)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Tre:</b> +69%</li> <li>▪ <b>Stolpe:</b> -63</li> </ul>
Kloeden et al., 1999 (USA)	<p><b>Tiltak:</b> Ulike faste hindre som er påkjørt i ulykker</p> <p><b>Veger:</b> Alle veger</p> <p><b>Ulykker:</b> Alle ulykker</p> <p><b>Virkning:</b> Relativ risiko for å bli <b>drept</b> (vs. skadd men ikke drept) i ulykker som involverer objekt (vs. <b>ingen fast objekt påkjørt</b>):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bro: 6,2</li> <li>▪ <b>Tre:</b> 5,6</li> <li>▪ Stolpe: 2,1</li> <li>▪ Minst ett fast hinder (aller typer): 3,6</li> </ul>
Lee & Mannering, 2002 (USA)	<p><b>Tiltak:</b> Ulike faste hindre, antall og avstand fra vegen</p> <p><b>Veger:</b> Tofeltsveg i spredtbygd strøk</p> <p><b>Ulykker:</b> Utforkjøringsulykker</p> <p><b>Virkning:</b> Ulykkesmodell, kun statistisk signifikante variabler er tatt med i modellen. Det er definert variabler for antall og avstand fra vegen for ulike type faste hindre (8 typer hindre, to variabler per hinder), samt grøfter, voller og rekkverk.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Antall trær:</b> Flere trær medfører flere ulykker (per tre øker antall ulykker med 2,6%; gjelder per 805 meter veg, trærne står i opptil 18 meter fra vegskulderen)</li> <li>▪ <b>Avstand veg-tre:</b> Ingen stat. sign. effekt</li> <li>▪ <b>Antall stolper:</b> Ingen stat. sign. effekt</li> <li>▪ <b>Avstand veg-stolper:</b> Økende avstand medfører færre ulykker (i gjennomsnitt -5,5% ulykker per meter økende avstand)</li> <li>▪ <b>Skjæringer:</b> Veger med voll (cut side slope) har i gjennomsnitt 68% flere ulykker enn veger uten.</li> </ul> <p><b>Forbehold:</b> Resultatene kan <b>ikke generaliseres</b> da modellen kun inneholder statistisk signifikante variabler.</p>
Schneider et al., 2009 (USA)	<p><b>Tiltak:</b> Objekter påkjørt i eneulykker</p> <p><b>Veger:</b> Kurver på tofeltsveger, spredtbygd strøk</p> <p><b>Ulykker:</b> Utforkjøringsulykker</p> <p><b>Virkning:</b> <b>Tre</b> er objektet som medfører størst økning i risikoen for å bli drept eller hardt skadd ved påkjørsel.</p> <p>Effekt på risiko for å bli <b>D/HS</b> (vs. LS) ved påkjørsel av tre (vs. <b>annet / ingen objekt</b>):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ikke stat. sign. i kurver med liten radius (&lt; 150 meter)</li> <li>▪ +75% i kurver med middels stor radius (150-850 meter)</li> <li>▪ +82% i kurver med stor radius (&gt; 850 meter).</li> </ul>
Theofilatos et al., 2012 (Hellas)	<p><b>Tiltak:</b> Ulykkestype, kollisjon med fast objekt (alle typer, inklusive parkerte biler) vs. andre ulykkestyper (møteulykke, påkjøring bakfra, sidekollisjon, ...)</p> <p><b>Veger:</b> Alle veger, tett- og spredtbygd strøk</p> <p><b>Ulykker:</b> Alle ulykker</p> <p><b>Virkning:</b> Risiko for å bli <b>D/HS</b> (vs. LS) i kollisjon med fast objekt (vs. <b>annen ulykkestype</b>):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tettbygd strøk: <b>Fast objekt +120%</b></li> <li>▪ Spredtbygd strøk: Ikke statistisk signifikant (møteulykker, påkjøring bakfra og sidekollisjoner er mer alvorlige).</li> </ul>

Sideterreng: Påkjøring av faste objekter	
Van Treese et al., 2019 (USA)	<p><u>Tiltak:</u> Faste objekter påkjørt i eneulykker</p> <p><u>Veger:</u> Alle veger (tett og spredtbygd strøk)</p> <p><u>Ulykker:</u> Eneulykker</p> <p><u>Virkning:</u> Skadegraden i eneulykker i synkende rekkefølge etter påkjørt objekt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Velt: 2.45</li> <li>▪ Tre: 1.63</li> <li>▪ Grøft: 1.41</li> <li>▪ Stolpe: 1.08</li> <li>▪ Vann: 1.03</li> <li>▪ Gjerde: 0.91</li> <li>▪ Rekkverk: 0.84</li> <li>▪ Skilt: 0.69.</li> </ul>
Xie et al., 2012 (USA)	<p><u>Tiltak:</u> Ulike objekter veg vegen som er påkjørt i eneulykker</p> <p><u>Veger:</u> Motorveger og «state highways» i spredtbygd strøk</p> <p><u>Ulykker:</u> Eneulykker med personbiler / varebiler</p> <p><u>Virkning:</u> Resultatene fra modellberegningene lar seg ikke omregne i prosentvise endringer i risiko for ulykke/skade/skadegrad</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kollisjoner med <b>faste objekter</b> medfører i gjennomsnitt <b>mer alvorlige</b> skader enn andre ulykker</li> <li>▪ De farligste objektene er <b>trær, stolper, og vann/grøft.</b></li> </ul>
Yamamoto & Shankar, 2004 (USA)	<p><u>Tiltak:</u> Ulike objekter påkjørt i eneulykker; her presenteres kun resultater for <b>trær</b> som medfører de mest alvorlige skader.</p> <p><u>Veger:</u> Alle, spredt og tettbygd strøk.</p> <p><u>Ulykker:</u> Eneulykker med påkjøring av faste hinder (trær, stolper, gjerder, rekkverk, <i>grøft</i>, ...)</p> <p><u>Virkning:</u> Risiko for føreren for å bli <b>drept</b> ved påkjørsel av tre (<b>vs. annet objekt</b>):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tettbygd strøk: +70% (fører) / +253% (passasjer)</li> <li>▪ Spredtbygd strøk: +79% (fører) / +90% (passasjer).</li> </ul>
Zegeer et al., 1988 (USA)	<p><u>Tiltak:</u> Ulike faste objekter ved vegen</p> <p><u>Veger:</u> Tofeltsveger i spredtbygd strøk</p> <p><u>Ulykker:</u> Skadegrad (andel drepte) i utforkjøringsulykker</p> <p><u>Virkning:</u> OR for å bli drept (vs. skadd) i utforkjøring ved kollisjon med objekt X vs. kollisjon med annen objekt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bropilarer: 3,6</li> <li>▪ Grøft: 1,7</li> <li>▪ Tre: 1,6</li> <li>▪ Voll (jord): 1,06</li> <li>▪ Gjerde: 0,8</li> <li>▪ Velt: 0,9</li> </ul>

## Sideterreng: Sikkerhetssoner langs vegen

Sikkerhetssoner langs vegen	
Cirillo, 1967 (USA)	<p><u>Tiltak:</u> Sikkerhetssone langs vegen</p> <p><u>Veger:</u> Motorveger</p> <p><u>Ulykker:</u> Alle ulykker</p> <p><u>Virkning:</u> Effekt på antall ulykker:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Per meter breddeøkning -23%</b></li> <li>▪ Basert på antall ulykker per mill. kjøretøykilometer ved sikkerhetssoner på 0-1,5m, 1,8-2,4m og 2,7-4,0m</li> <li>▪ Det er ikke kontrollert for andre faktorer.</li> </ul>

Sikkerhetssoner langs vegen	
Dumbaugh, 2006 (USA)	<p><b>Tiltak:</b> Sikkerhetssone (avstand til faste objekter) og «livable streets» (buffer mellom kjørefeltene og fortau, bestående av trær, lyktestolper og/eller annet).</p> <p><b>Veger:</b> Ikke-motorveger i <b>urbane</b> områder</p> <p><b>Ulykker:</b> Utforkjøring / alle</p> <p><b>Virkning:</b> Ulykkesmodell, kontrollert for fartsgrense, antall kjørefelt, midtdelerbredde.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Breder sikkerhetssone <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Utforkjøring: Færre ulykker; <b>per meter breddeøkning: -12%</b> (-25; +4)</li> <li>○ Alle ulykker (utenfor kryss): Flere ulykker (ikke sign.); per meter breddeøkning: +1,1%</li> </ul> </li> <li>▪ Livable streets – færre utforkjøringsulykker (-14% (-94; -22))</li> </ul>
Jurewicz & Pyta, 2010 (Australia)	<p><b>Tiltak:</b> Sikkerhetssone langs vegen</p> <p><b>Veger:</b> Tofeltsveger i spredtbygd strøk</p> <p><b>Ulykker:</b> Utforkjøringsulykker med personskaade</p> <p><b>Virkning:</b> Ulykkesmodell, kontrollert for ÅDT, kurver, vegbredde, stigninger; referanse: &gt; 8 meter:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ I gjennomsnitt <b>-8,3% per meter</b> økning</li> <li>▪ 0-2 meter: +119% (+44; +235)</li> <li>▪ 2-4 meter: +60% (+16; +123)</li> <li>▪ 4-8 meter: +27% (-4; +68).</li> </ul>
Lee & Mannering, 2002 (USA)	<p><b>Tiltak:</b> Ulike faste hindre, antall og avstand fra vegen (lyktestolper: 0-8,23 meter)</p> <p><b>Veger:</b> Tofeltsveg i spredtbygd strøk</p> <p><b>Ulykker:</b> Utforkjøringsulykker</p> <p><b>Virkning:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lyktestolpe: Økning av avstand med 1 meter: -3% (-6; 0)</li> <li>▪ Lyktestolpe: Økning av avstanden med 4m (fra 1 til 5 eller fra 5 til 9m): -11% (-16; -6).</li> <li>▪ Andre faste objekter: Ingen statistisk signifikant sammenheng med antall ulykker (resultatene ikke rapportert).</li> </ul>
Marshall et al., 2018 (USA)	<p><b>Tiltak:</b> Trær langs gater; andel av vegen dekket av trekroner, antall trær per mil, gjennomsnittlig avstand mellom vegkant og trær</p> <p><b>Veger:</b> Gater i tettbygd strøk</p> <p><b>Ulykker:</b> Alle ulykker, uspesifisert skadegrad, strekninger/kryss</p> <p><b>Virkning:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Større andel av vegen med trekroner over vegen: Færre ulykker (strekning og kryss)</li> <li>▪ Flere trær per mil: Færre ulykker (strekning; ikke stat.sign. i kryss)</li> <li>▪ Større avstand mellom veg og trær: Færre ulykker.</li> </ul>
Maze et al., 2008 (USA)	<p><b>Tiltak:</b> Trær ved gater i tettbygd strøk</p> <p><b>Veger:</b> Gater i <b>tettbygd strøk</b></p> <p><b>Ulykker:</b> Påkjøring av fast objekt ved veg</p> <p><b>Virkning:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Breder sikkerhetssone – færre utforkjøring med påkjøring av fast objekt</li> <li>▪ Antall faste objekter ved vegen har ikke sammenheng med antall ulykker</li> <li>▪ Omtrent like stor avstand mellom vegkant og faste objekter er viktigere enn minimumsavstand for alle objekter: Ett tre som står 1m fra vegen er farligere hvis alle andre trær står 3m fra vegen, enn hvis alle andre trærne også står 1m fra vegen.</li> </ul>
Peng et al., 2012 (USA)	<p><b>Tiltak:</b> Sikkerhetssone langs vegen (lateral clearance)</p> <p><b>Veger:</b> Tofeltsveger i spredtbygd strøk; ÅDT 800 (80-3500)</p> <p><b>Ulykker:</b> Utforkjøring med personskaade</p> <p><b>Virkning:</b> Økende bredde på sikkerhetssonen i ulykkesmodell med kontroll for ÅDT, skulderbredde, skråning; <b>per meter breddeøkning</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alle veger: -7% (-8; -4)</li> <li>▪ <b>Kurver: -8</b> (-17; +2)</li> <li>▪ <b>Rette strekninger: -4%</b> (-10; +3)</li> </ul> <p><b>Moderatorvariabler:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ÅDT: Størst effekt ved høy ÅDT (3500); svært liten forskjell mellom ÅDT 100 vs. 1000.</li> <li>▪ Kurve/rett strekning: Størst effekt i kurver</li> </ul>

---

#### Sikkerhetssoner langs vegen

---

Zegeer et al., 1988  
(USA)

Tiltak: Sikkerhetssone langs vegen

Veger: Tofeltsveger i spredtbygd strøk

Ulykker: Utforkjøringsulykker

Virkning:

- **Per meter breddeøkning: -21%** utforkjøringsulykker
  - Basert på omtrentlig gjennomsnittseffekt på -30% per breddeøkning på 1,5 meter.
  - Effekten er uavhengig av kjørefeltbredde og hvor bred sikkerhetssonen er i utgangspunktet (opptil 9 meter på vegene som inngår i studien)
-

# **Vedlegg C: Deskriptiv statistikk for norske tofeltsveger**

## Ulykker, km veg og mill. kjøretøykilometer etter veg-, skulder- og kjørefeltbredde (hver for seg) i ÅDT-grupper

Tabell 16: Deskriptiv statistikk etter veg- skulder- og kjørefeltbredde (hver for seg, gruppert etter ÅDT)

Veg- bredde	Ulykker						Km veg						Mill. kjtkm						Ulykker per mill. kjtkm						
	ÅDT	ÅDT	ÅDT	ÅDT	ÅDT	Alle	ÅDT	ÅDT	ÅDT	ÅDT	ÅDT	Alle	ÅDT	ÅDT	ÅDT	ÅDT	ÅDT	Alle	ÅDT	ÅDT	ÅDT	ÅDT	ÅDT	Alle	
	0-500	500-1000	1000-2000	2000-4000	4000-23500		0-500	500-1000	1000-2000	2000-4000	4000-23500		0-500	500-1000	1000-2000	2000-4000	4000-23500		0-500	500-1000	1000-2000	2000-4000	4000-23500		
<b>Vegbredde</b>																									
<b>5-5,5m</b>	11	9	18	7	4	<b>49</b>	331	123	105	37	3	<b>598</b>	149	152	261	166	24	<b>753</b>	0,074	0,059	0,069	0,042	0,164	<b>0,065</b>	
<b>5,5-6m</b>	22	37	83	49	13	<b>204</b>	623	419	344	127	30	<b>1542</b>	320	533	860	581	300	<b>2595</b>	0,069	0,069	0,097	0,084	0,043	<b>0,079</b>	
<b>6-6,5m</b>	30	79	126	114	65	<b>414</b>	774	719	610	335	153	<b>2591</b>	419	939	1553	1658	1607	<b>6175</b>	0,072	0,084	0,081	0,069	0,040	<b>0,067</b>	
<b>6,5-7m</b>	23	60	124	125	127	<b>459</b>	535	547	652	458	245	<b>2438</b>	299	727	1681	2288	2812	<b>7808</b>	0,077	0,083	0,074	0,055	0,045	<b>0,059</b>	
<b>7-7,5m</b>	11	28	80	135	92	<b>346</b>	247	275	357	455	224	<b>1558</b>	141	366	929	2254	2958	<b>6648</b>	0,078	0,077	0,086	0,060	0,031	<b>0,052</b>	
<b>7,5-8m</b>	4	12	37	54	55	<b>162</b>	82	88	168	215	160	<b>714</b>	49	118	445	1081	2191	<b>3884</b>	0,082	0,101	0,083	0,050	0,025	<b>0,042</b>	
<b>8-8,5m</b>		4	12	22	31	<b>69</b>	23	25	52	77	83	<b>260</b>	13	35	136	391	1196	<b>1771</b>	0,000	0,114	0,088	0,056	0,026	<b>0,039</b>	
<b>8,5-9m</b>		1	1	4	11	<b>17</b>	7	9	19	27	21	<b>82</b>	4	10	50	137	312	<b>513</b>	0,000	0,096	0,020	0,029	0,035	<b>0,033</b>	
<b>9-9,5m</b>		1	3	2	2	<b>8</b>	3	3	6	6	5	<b>23</b>	2	4	17	30	70	<b>121</b>	0,000	0,278	0,182	0,067	0,029	<b>0,066</b>	
<b>10-11,1m</b>	1			2	1	<b>4</b>	3	1	3	5	6	<b>18</b>	2	2	7	23	104	<b>137</b>	0,532	0,000	0,000	0,088	0,010	<b>0,029</b>	
<b>Skulderbredde</b>																									
<b>0m</b>	14	29	75	67	62	<b>247</b>	565	215	291	193	154	<b>1417</b>	240	279	747	923	1888	<b>4077</b>	0,058	0,104	0,100	0,073	0,033	<b>0,061</b>	
<b>0-0,25m</b>	27	92	179	140	123	<b>561</b>	639	730	806	470	266	<b>2911</b>	360	949	2073	2327	3258	<b>8967</b>	0,075	0,097	0,086	0,060	0,038	<b>0,063</b>	
<b>0,25-0,5m</b>	40	78	149	210	142	<b>619</b>	822	836	825	675	325	<b>3484</b>	461	1100	2104	3349	4145	<b>11158</b>	0,087	0,071	0,071	0,063	0,034	<b>0,055</b>	
<b>0,5-0,75m</b>	13	22	61	73	57	<b>226</b>	443	327	283	305	137	<b>1495</b>	248	427	727	1503	1660	<b>4565</b>	0,052	0,052	0,084	0,049	0,034	<b>0,050</b>	
<b>0,75-1m</b>	5	7	15	16	12	<b>55</b>	115	70	78	68	32	<b>363</b>	65	93	201	347	399	<b>1104</b>	0,077	0,075	0,075	0,046	0,030	<b>0,050</b>	
<b>1-2m</b>	3	3	5	8	5	<b>24</b>	43	30	33	33	16	<b>154</b>	23	39	87	162	224	<b>535</b>	0,132	0,077	0,057	0,049	0,022	<b>0,045</b>	
<b>Kjørefeltbredde</b>																									
<b>2,5m</b>	9	4	2	2	1	<b>18</b>	169	50	32	5	0	<b>255</b>	82	62	78	22	3	<b>247</b>	0,109	0,064	0,026	0,093	0,336	<b>0,073</b>	
<b>2,5-2,75m</b>	40	53	72	40	8	<b>213</b>	1178	679	383	122	10	<b>2371</b>	606	854	936	559	101	<b>3056</b>	0,066	0,062	0,077	0,072	0,079	<b>0,070</b>	
<b>2,75-3m</b>	42	99	194	167	81	<b>583</b>	921	1008	967	558	172	<b>3626</b>	510	1331	2467	2742	1784	<b>8835</b>	0,082	0,074	0,079	0,061	0,045	<b>0,066</b>	
<b>3-3,25m</b>	8	57	146	185	155	<b>551</b>	271	367	681	699	347	<b>2364</b>	153	501	1780	3479	3849	<b>9762</b>	0,052	0,114	0,082	0,053	0,040	<b>0,056</b>	
<b>3,25-3,5m</b>	3	11	58	97	103	<b>272</b>	68	81	214	293	263	<b>920</b>	36	107	568	1474	3573	<b>5758</b>	0,084	0,103	0,102	0,066	0,029	<b>0,047</b>	
<b>3,5-3,75m</b>		7	12	23	53	<b>95</b>	20	24	41	67	136	<b>288</b>	10	30	111	333	2265	<b>2749</b>	0,000	0,232	0,108	0,069	0,023	<b>0,035</b>	
<b>Alle veger</b>	<b>102</b>	<b>231</b>	<b>484</b>	<b>514</b>	<b>401</b>	<b>1732</b>	<b>2627</b>	<b>2208</b>	<b>2317</b>	<b>1743</b>	<b>928</b>	<b>9823</b>	<b>1397</b>	<b>2886</b>	<b>5939</b>	<b>8609</b>	<b>11757</b>	<b>30406</b>	<b>0,073</b>	<b>0,080</b>	<b>0,081</b>	<b>0,060</b>	<b>0,035</b>	<b>0,057</b>	



## Ulykker, km veg og mill. kjøretøykilometer etter veg- og kjørefeltbredde (kombinasjoner) i ÅDT-grupper

Tabell 17: Deskriptiv statistikk etter veg- og kjørefeltbredde, gruppert etter ÅDT; ulykker per mill. kjøtkm vises kun i celler med minst tre ulykker.

Kjørefelt- bredde (m)	Ulykker						Km veg						Mill kjøtkm						Ulykker per mill. kjøtkm								
	2.5		2.75		3		3.25		3.5		2.5		2.75		3		3.25		3.5		2.5		3		3.5		
	2.5	-2.75	-3	-3.25	-3.5	-3.75	2.5	2.75	-3	-3.25	-3.5	-3.75	2.5	2.75	-3	-3.25	-3.5	-3.75	2.5	2.75	-3	3.25	-3.5	3.75			
<b>Vegbredde</b>	<b>ÅDT 0 - 500</b>																										
5-5.5m	3	8	0	0	0	0	62.2	268.5	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	24.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3					
5.5-6m	6	12	4	0	0	0	61.7	350.6	210.6	0.0	0.0	0.0	6.5	38.3	19.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.3	0.2					
6-6.5m	0	13	15	2	0	0	39.0	354.8	293.6	86.2	0.0	0.0	3.8	37.6	33.8	8.5	0.0	0.0			0.3	0.4					
6.5-7m	0	5	15	2	1	0	4.5	155.8	248.0	96.0	30.8	0.0	0.3	16.3	29.0	11.3	2.8	0.0			0.3	0.5					
7-7.5m	0	1	6	3	1	0	1.7	32.7	121.0	54.2	23.4	13.8	0.1	3.3	14.3	6.6	2.6	1.3				0.4	0.5				
7.5-8m	0	1	1	1	1	0	0.0	8.7	33.3	25.9	9.6	4.4	0.0	0.9	4.0	3.3	1.1	0.5									
8-8.5m	0	0	0	0	0	0	0.0	4.2	9.3	6.6	1.5	1.5	0.0	0.5	1.0	0.7	0.2	0.2									
8.5-9m	0	0	0	0	0	0	0.0	1.3	3.4	1.0	1.2	0.0	0.0	0.2	0.4	0.1	0.2	0.0									
9-9.5m	0	0	0	0	0	0	0.0	0.6	0.5	0.4	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0									
10-11.1m	0	0	1	0	0	0	0.0	0.5	1.1	0.5	0.7	0.3	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0									
<b>Vegbredde</b>	<b>ÅDT 500 - 1 000</b>																										
5-5.5m	3	6	0	0	0	0	21.6	101.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.2						
5.5-6m	1	18	18	0	0	0	17.6	267.5	133.5	0.0	0.0	0.0	4.5	67.4	34.8	0.0	0.0	0.0			0.3	0.5					
6-6.5m	0	25	37	17	0	0	7.7	217.2	399.0	95.1	0.0	0.0	1.9	55.2	104.6	26.1	0.0	0.0			0.5	0.4	0.7				
6.5-7m	0	4	30	22	4	0	1.8	74.5	300.2	149.2	21.5	0.0	0.4	18.4	80.5	40.8	5.3	0.0				0.4	0.5				
7-7.5m	0	0	10	10	5	3	0.9	12.5	134.7	86.0	35.5	5.0	0.2	3.2	35.8	23.3	9.4	1.2				0.3	0.4	0.5	2.6		
7.5-8m	0	0	1	7	1	3	0.0	3.4	26.5	29.3	16.7	12.1	0.0	0.7	7.0	8.1	4.7	3.1								1.0	
8-8.5m	0	0	2	1	0	1	0.0	1.2	8.6	4.4	5.9	5.2	0.0	0.4	2.3	1.3	1.6	1.4									
8.5-9m	0	0	0	0	1	0	0.0	1.2	2.4	2.1	1.6	1.2	0.0	0.3	0.6	0.6	0.4	0.3									
9-9.5m	0	0	1	0	0	0	0.0	0.3	1.9	0.5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	0.1	0.0	0.0									
10-11.1m	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0									

Kjørefelt- bredde (m)	Ulykker						Km veg						Mill kjtkm						Ulykker per mill. kjtkm													
	2.5		2.75		3		3.25		3.5		2.5		2.75		3		3.25		3.5		2.5		3		3.5							
	2.5	-2.75	-3	-3.25	-3.5	-3.75	2.5	-2.75	-3	-3.25	-3.5	-3.75	2.5	-2.75	-3	-3.25	-3.5	-3.75	2.5	-2.75	-3	-3.25	-3.5	-3.75	2.5	-2.75	-3	-3.25	-3.5	-3.75		
<b>Vegbredde</b>	<b>ÅDT 1 000 – 2 000</b>																															
5-5.5m	0	18	0	0	0	0	13.9	91.5	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8	45.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.6												
5.5-6m	1	33	49	0	0	0	13.0	165.9	165.5	0.0	0.0	0.0	6.5	80.3	85.1	0.0	0.0	0.0	0.4	0.4	0.5											
6-6.5m	1	19	72	34	0	0	2.9	90.4	377.0	139.9	0.0	0.0	1.4	43.7	193.5	72.0	0.0	0.0	0.4	0.4	0.4											
6.5-7m	0	2	52	59	11	0	1.2	27.5	287.3	288.2	48.3	0.0	0.5	14.0	144.6	150.8	26.3	0.0	0.4	0.4	0.4	0.4										
7-7.5m	0	0	16	33	28	3	0.4	5.1	95.0	165.4	79.3	11.9	0.3	2.5	48.4	87.3	41.0	6.2	0.3	0.3	0.4	0.7	0.5									
7.5-8m	0	0	3	12	14	8	0.0	1.9	26.8	62.4	62.6	14.4	0.0	0.9	13.7	33.0	33.4	8.0	0.2	0.4	0.4	0.4	1.0									
8-8.5m	0	0	0	6	5	1	0.0	0.4	8.7	17.5	15.8	9.3	0.0	0.2	4.6	9.0	8.4	5.0			0.7	0.6										
8.5-9m	0	0	1	0	0	0	0.0	0.0	4.5	4.5	6.0	3.5	0.0	0.0	2.6	2.4	3.0	2.1														
9-9.5m	0	0	1	2	0	0	0.0	0.0	1.7	2.0	1.1	1.4	0.0	0.0	0.9	1.1	0.7	0.7														
10-11.1m	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.1	0.8	1.1	0.6	0.0	0.0	0.1	0.4	0.7	0.3														
<b>Vegbredde</b>	<b>ÅDT 2 000 – 4 000</b>																															
5-5.5m	0	7	0	0	0	0	2.3	34.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	31.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.4												
5.5-6m	1	18	30	0	0	0	1.5	47.8	77.2	0.0	0.0	0.0	1.2	43.8	71.3	0.0	0.0	0.0	0.4	0.3	0.4											
6-6.5m	1	11	64	38	0	0	0.8	27.4	208.8	98.4	0.0	0.0	0.7	26.1	204.7	100.0	0.0	0.0	0.4	0.3	0.2	0.3										
6.5-7m	0	3	52	52	18	0	0.0	9.2	167.7	224.7	56.8	0.0	0.0	8.5	166.6	226.0	56.5	0.0	0.4	0.3	0.2	0.3										
7-7.5m	0	1	15	65	47	7	0.0	2.3	78.5	249.9	101.0	23.7	0.0	2.1	79.4	244.5	101.6	23.2			0.2	0.3	0.5	0.3								
7.5-8m	0	0	5	24	16	9	0.0	0.0	17.0	95.5	82.5	20.5	0.0	0.0	17.6	93.9	83.9	20.9	0.3	0.3	0.3	0.2	0.4									
8-8.5m	0	0	0	3	14	5	0.2	0.0	5.0	19.3	37.8	14.9	0.2	0.0	5.2	20.0	38.1	14.9			0.2	0.4	0.3									
8.5-9m	0	0	1	2	0	1	0.0	0.5	3.4	8.3	10.3	4.7	0.0	0.4	3.0	8.8	10.3	4.8														
9-9.5m	0	0	0	1	0	1	0.0	0.0	0.7	2.3	1.6	1.4	0.0	0.0	0.7	2.5	1.5	1.2														
10-11.1m	0	0	0	0	2	0	0.0	0.0	0.0	0.1	3.2	1.7	0.0	0.0	0.0	0.1	2.9	1.5														

Kjørefelt- bredde (m)	Ulykker						Km veg						Mill kjtkm						Ulykker per mill. kjtkm														
	2.5		2.75		3		3.25		3.5		2.5		2.75		3		3.25		3.5		2.5		2.75		3		3.25		3.5				
	2.5	-2.75	-3	-3.25	-3.5	-3.75	2.5	2.75	-3	-3.25	-3.5	-3.75	2.5	2.75	-3	-3.25	-3.5	-3.75	2.5	2.75	-3	-3.25	-3.5	-3.75	2.5	2.75	-3	-3.25	-3.5	-3.75			
<b>Vegbredde</b>	<b>ÅDT 4 000 – 23 500</b>																																
5-5.5m	1	3					0.4	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0								
5.5-6m		2	11				0.0	5.6	24.3	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	49.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0									
6-6.5m		0	29	36			0.0	1.6	67.0	84.0	0.0	0.0	0.0	3.9	138.3	179.2	0.0	0.0								0.2	0.2						
6.5-7m		3	26	71	27		0.0	0.4	50.0	137.5	56.6	0.0	0.0	0.8	102.8	313.6	145.2	0.0	3.8	0.3	0.2	0.2	0.2										
7-7.5m			13	36	29	14	0.0	0.1	22.6	74.2	92.0	35.2	0.0	0.3	49.9	167.8	249.7	123.9		0.3	0.2	0.1	0.1										
7.5-8m			1	9	26	19	0.0	0.0	6.3	38.6	63.8	51.5	0.0	0.0	12.8	80.9	178.3	166.3															
8-8.5m			1	2	18	10	0.0	0.0	1.8	10.2	39.7	31.2	0.0	0.0	4.0	22.0	108.1	105.0															
8.5-9m					3	8	0.0	0.0	0.0	1.8	5.9	12.9	0.0	0.0	0.0	4.0	17.1	41.2															
9-9.5m						2	0.0	0.0	0.0	0.1	1.7	2.7	0.0	0.0	0.0	0.2	4.6	9.2															
10-11.1m						1	0.0	0.0	0.0	0.7	3.1	2.0	0.0	0.0	0.0	2.0	11.5	7.3															
<b>Vegbredde</b>	<b>Alle ÅDT</b>																																
5-5.5m	7	42					100.4	497.9	0.0	0.0	0.0	0.0	20.7	129.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3													
5.5-6m	9	83	112				93.9	837.3	611.0	0.0	0.0	0.0	18.8	240.8	259.4	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3	0.4												
6-6.5m	2	68	217	127			50.4	691.5	1345.5	503.6	0.0	0.0	7.7	166.5	674.9	385.9	0.0	0.0		0.4	0.3	0.3											
6.5-7m	0	17	175	206	61		7.5	267.5	1053.1	895.6	214.0	0.0	1.3	58.0	523.5	742.5	236.2	0.0	0.3	0.3	0.3	0.3											
7-7.5m	0	2	60	147	110	27	3.0	52.7	451.9	629.6	331.3	89.6	0.6	11.4	227.8	529.4	404.4	155.8		0.3	0.3	0.3	0.2										
7.5-8m	0	1	11	53	58	39	0.0	14.0	109.8	251.7	235.2	103.0	0.0	2.5	55.0	219.2	301.3	198.9		0.2	0.2	0.2	0.2										
8-8.5m	0	0	3	12	37	17	0.2	5.8	33.5	57.9	100.7	62.1	0.2	1.0	17.2	52.9	156.4	126.6		0.2	0.2	0.2	0.1										
8.5-9m	0	0	2	2	4	9	0.0	3.1	13.7	17.6	25.0	22.4	0.0	0.8	6.6	15.9	31.0	48.3															
9-9.5m	0	0	2	3	0	3	0.0	1.0	4.9	5.3	5.5	6.0	0.0	0.1	2.2	3.9	6.9	11.2							0.8								
10-11.1m	0	0	1	1	2	0	0.0	0.5	2.2	2.2	8.2	4.6	0.0	0.1	0.4	2.6	15.2	9.1															

## Transportøkonomisk institutt (TØI)

### Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning

TØI er et anvendt forskningsinstitutt, som mottar basisbevilgning fra Norges forskningsråd og gjennomfører forsknings- og utredningsoppdrag for næringsliv og offentlige etater. TØI ble opprettet i 1964 og er organisert som uavhengig stiftelse.

TØI utvikler og formidler kunnskap om samferdsel med vitenskapelig kvalitet og praktisk anvendelse. Instituttet har et tverrfaglig miljø med rundt 90 høyt spesialiserte forskere.

Instituttet utgir tidsskriftet Samferdsel på internett og driver også forskningsformidling gjennom TØI-rapporter, artikler i vitenskapelige tidsskrifter, samt innlegg og intervjuer i media. TØI-rapportene er gratis tilgjengelige på instituttets hjemmeside [www.toi.no](http://www.toi.no).

TØI er partner i CIENS Forskningscenter for miljø og samfunn, lokalisert i Forskningsparken nær Universitetet i Oslo (se [www.ciens.no](http://www.ciens.no)). Instituttet deltar aktivt i internasjonalt forsknings-samarbeid, med særlig vekt på EUs rammeprogrammer.

TØI dekker alle transportmidler og temaområder innen samferdsel, inkludert trafiksikkerhet, kollektivtransport, klima og miljø, reiseliv, reisevaner og reiseetterspørsel, arealplanlegging, offentlige beslutningsprosesser, næringslivets transport og generell transportøkonomi.

Transportøkonomisk institutt krever opphavsrett til egne arbeider og legger vekt på å opptre uavhengig av oppdragsgiverne i alle faglige analyser og vurderinger.

#### Besøks- og postadresse:

Transportøkonomisk institutt  
Gaustadalléen 21  
NO-0349 Oslo

22 57 38 00  
[toi@toi.no](mailto:toi@toi.no)  
[www.toi.no](http://www.toi.no)