

Vejdirektoratet

November 2020

Michael W. J. Sørensen  
Morten L. Jensen  
Niclas H. Wandall  
Simone D. Thomsen  
Annette D. Pedersen

# Udformning af rundkørsler i byer og sikkerhed for cyklister

Litteratur- og effektstudie



## Forord

Etablering af rundkørsler er ofte et godt tiltag, som sikrer både god trafikafvikling og sikkerhed. De kan imidlertid udgøre en udfordring for de cyklende. For byrundkørsler er der således en igangværende faglig diskussion, om det er et godt eller dårligt tiltag for de cyklende.

Vejdirektoratet har derfor i april 2020 igangsat en undersøgelse af byrundkørsler. Formålet har været at undersøge den sikkerhedsmæssige effekt af disse byrundkørsler for cyklister, og at undersøge hvordan disse rundkørsler i byerne med fordel kan bygges, så det forbedrer forholdene for cyklisterne.

Vejdirektoratet har bedt Via Trafik om at foretage denne undersøgelse, og resultaterne herfra er sammenfattet i denne rapport.

Michael W. J. Sørensen, Morten L. Jensen og Niclas H. Wandall har lavet undersøgelse og skrevet rapporten, hvor førstnævnte har været projektleder hos Via Trafik. Simone D. Thomsen og Annette D. Pedersen har bistået med indsamling og vurdering af trafiktal.

Vejdirektoratet har finansieret undersøgelsen. Projektleder ved Vejdirektoratet har været Hanne Dam Andreasen, og Winnie Hansen har også bistået.

Arbejdet er blevet fulgt af en ad hoc gruppe bestående af Helle Schou fra Roskilde Kommune, Bo Damkjær fra Billund Kommune samt Winnie Hansen, Morten Klintø Hansen og Per Bundgaard Øster fra Vejdirektoratet. Vi er taknemlige for alle de gode indspil og synspunkter til undersøgelse vi har fået fra gruppen.

Vi vil afslutningsvis også gerne rette en stor tak til de mange kommuner, som har bidraget med stor hjælp til vurdering af trafikken i analyse-rundkørslerne.

Via Trafik, november 2020.

# Indhold

Sammenfatning.....	4
<b>1 Indledning .....</b>	<b>6</b>
1.1 Baggrund.....	6
1.2 Formål.....	6
1.3 Overordnet metode .....	6
1.4 Fokus og afgrænsning.....	6
<b>2 Danske og udenlandske anbefalinger .....</b>	<b>8</b>
2.1 Detaljeret metodebeskrivelse .....	8
2.2 Danske anbefalinger .....	8
2.3 Norske anbefalinger.....	10
2.4 Svenske anbefalinger.....	11
2.5 Hollandske anbefalinger .....	13
2.6 Tyske anbefalinger.....	15
2.7 Britiske anbefalinger .....	17
2.8 Amerikanske anbefalinger .....	18
2.9 Australske anbefalinger .....	19
2.10 Opsummering af anbefalinger.....	21
<b>3 Danske og udenlandske erfaringer og studier .....</b>	<b>23</b>
3.1 Detaljeret metodebeskrivelse .....	23
3.2 Overordnet effekt af byrundkørsler på cykelulykker .....	23
3.3 Effekt af cykelfaciliteter .....	24
3.4 Effekt af detailudformning .....	27
3.5 Opsummering af erfaringer og studier.....	32
<b>4 Analyse af rundkørsler – Metodebeskrivelse.....</b>	<b>34</b>
4.1 Overordnet undersøgelsesdesign .....	34
4.2 Identificering af potentielle analyse-rundkørsler.....	34
4.3 Indhentning af vejudformningsdata .....	35
4.4 Indhentning af ulykkesdata .....	36
4.5 Indhentning af trafikdata .....	37
4.6 Kategoribaseret analyse af risiko.....	39
4.7 Disposition og gennemgang af resultater .....	39
<b>5 Resultater for minirundkørsler .....</b>	<b>40</b>
5.1 Overordnet risiko.....	40
5.2 Betydning af bil- og cykeltrafikmængder.....	40
5.3 Betydning af cykelfaciliteter.....	41
5.4 Betydning af detailudformning og -regulering .....	45
5.5 Opsummering for minirundkørsler .....	49
<b>6 Resultater for 1-sporede rundkørsler .....</b>	<b>51</b>
6.1 Overordnet risiko.....	51
6.2 Betydning af bil- og cykeltrafikmængder.....	51
6.3 Betydning af cykelfaciliteter.....	52
6.4 Betydning af detailudformning og -regulering .....	56
6.5 Opsummering for 1-sporede rundkørsler .....	61
<b>7 Resultater for 2-sporede rundkørsler .....</b>	<b>63</b>
7.1 Overordnet risiko.....	63
7.2 Betydning af bil- og cykeltrafikmængder.....	63
7.3 Betydning af cykelfaciliteter.....	63
7.4 Betydning af detailudformning og -regulering .....	64
7.5 Opsummering for 2-sporede rundkørsler.....	65
<b>8 Sammenligning mellem typer og litteratur .....</b>	<b>66</b>
8.1 Overordnet risiko.....	66
8.2 Betydning af bil- og cykeltrafik.....	67
8.3 Betydning af cykelfaciliteter.....	68
8.4 Betydning af detailudformning og -regulering .....	69
8.5 Opsummering af de sammenlignende analyser .....	72
<b>9 Konklusion og diskussion .....</b>	<b>73</b>
9.1 Formål og metode .....	73
9.2 Opsummering og diskussion af ulykkesanalyse og litteraturstudie.....	73
9.3 Konklusion - Cykelsikker udformning .....	75
9.4 Metodevurdering .....	76
9.5 Forslag til supplerende undersøgelser .....	78
<b>10 Referenceliste .....</b>	<b>79</b>

# Sammenfatning

## Formål og metode

Nærværende rapport er udarbejdet af Via Trafik for Vejdirektoratet. Hovedformålet har været at undersøge, hvilken betydning den fysiske udformning og regulering af rundkørsler i byer, herunder cykelfaciliteter, samt bil- og cykeltrafikken har for sikkerheden for cyklister.

Projektet har bestået af et litteraturstudie med gennemgang af relevante danske og udenlandske anbefalinger, erfaringer og studier, og en kategoribaseret ulykkesanalyse af sammenhængen mellem ulykker, udformning samt bil- og cykeltrafik i 564 analyse-rundkørsler fordelt på især mini- og 1-sporede rundkørsler, men også nogle få 2-sporede rundkørsler. I det følgende sammenfattes hovedresultaterne af ulykkesanalyse og litteraturstudiet med fokus på risikoen for cykel- og knallertulykker pr. indkørende cykler (C/K-ulykkesrisiko).

## Resultater

Fokus i nærværende projekt har været mini- og 1-sporede rundkørsler. For disse har minirundkørsler en lavere gennemsnitlig C/K-ulykkesrisiko pr. indkørende cykler end 1-sporede rundkørsler. Det bedre gennemsnitlige sikkerhedsniveau kan dog bl.a. hænge sammen med generelt mindre biltrafik og omfang af cykelfaciliteter i minirundkørslerne. Ses der på C/K-ulykkesrisiko pr. indkørende biler er den gennemsnitlige risiko den samme for de to typer. Dette resultat adskiller sig fra en tidligere dansk studie, som har fundet, at minirundkørsler er en dårligere sikkerhedsmæssige løsning for cyklister end 1-sporede rundkørsler.

I overensstemmelse med tidligere studier viser nærværende ulykkesanalyser, at mere biltrafik øger risikoen for C/K-ulykker, mens mere cykeltrafik reducerer risikoen. Lavest ulykkesrisiko for den enkelte cyklist findes således, når der er lidt biltrafik og meget cykeltrafik, mens højest risiko findes, når der modsat er meget biltrafik og lidt cykeltrafik.

Bedst sikkerhed for cyklisterne findes ved enten 100 % integration med biltrafikken før og i rundkørslen, dvs. ingen cykelfaciliteter, eller ved 100 % separation, dvs. separat, tilbagetrukket cykelsti. Dårligst sikkerhed fås således, når der er cykelbane eller cykelsti i rundkørslen og i tilfarterne, og i særlig grad, hvis disse er farvet. Disse resultater stemmer overens med nuværende anbefalinger og resultater fra tidligere studier, men effekterne bliver her slået endnu tydeligere fast.

I overensstemmelse med tidligere studier ser det ud til, at hastighedsdæmpende foranstaltninger, som hævede flader i til- og frafarter, har en C/K-ulykkesreducerende effekt.

Overordnet set giver få og vinkelrette vejgrene lavest C/K-ulykkesrisiko, hvilket stemmer overens med nuværende anbefalinger og tidligere studier. Få og vinkelrette vejgrene bør således tilstræbes, men kan imidlertid i praksis være en udfordring at sikre, da rundkørsler i nogle tilfælde netop etableres, fordi der er mange og "skæve" vejgrene.

Rundkørsler med ingen/få fodgængerfelter har lavest C/K-ulykkesrisiko. Antallet af fodgængerfelter bør således af hensyn til de cyklendes sikkerhed begrænses. Fodgængerfelter har dog en vigtig funktion i forhold til de krydsende fodgængere.

For detailudformningen af selve rundkørslerne er følgende forhold undersøgt: Udformning af helleanlæg, højde, diameter og sigt gennem midterø, bredde af cirkulationsarealet samt bredde, belægning og afgrænsning af overkørselsarealet. Men mens det ved trafik, hastighed, brug af cykel- og fodgængerfaciliteter samt udformning af vejgrene i rundkørslerne er relativt entydigt, hvad som giver bedst sikkerhed for cyklisterne, er det mindre entydigt, hvilken af de forskellige mulige detailudformninger, som giver lavest C/K-ulykkesrisiko pr. indkørende cykler.

Analysen af 13 2-sporede rundkørsler viser, at 2-sporede rundkørsler har en 2-3 gange så høj C/K-ulykkesrisiko som de to andre typer rundkørsler. Dette bekræfter således anbefalinger og resultater fra tidligere studier om, at 2-sporede rundkørsler med cyklister i selve rundkørslen er en sikkerhedsmæssig dårlig løsning for cyklister. Her er det essentielt, at der etableres tilbagetrukne og separate cykelstiløsninger.

## Diskussion

De angivne svar er svarene på spørgsmålet om, hvordan rundkørsler i byer skal udformes, hvis man udelukkende har trafiksikkerhed for cyklister for øje. Hvis man også har andre mål for øje som trafiksikkerhed generelt, oplevet tryghed og fremkommelighed for de cyklende, tilgængelighed for de gående samt afvikling af biltrafikken, bliver det endnu mere kompliceret.

Flere af de løsninger, som f.eks. giver dårligst trafiksikkerhed for de cyklende som cykelbane, cykelsti og farvet infrastruktur før og i rundkørslen, er nemlig samtidig de løsninger, som typisk er mest populære hos cyklisterne, og som således giver størst oplevet tryghed, tilfredshed og fremkommelighed. Dette er løsninger, som bidrager til at fremme cykling, som også er et centralt mål. På samme måde er fodgængerfelter i tilfarterne, som ser ud til at forringe cyklisternes sikkerhed, noget som kan være et centralt tiltag for de krydsende forgængere.

Angående nærværende undersøgelse er det også vigtig at påpege, at den udelukkende omhandler rundkørsler, og hvordan disse kan gøres så sikre som mulig for de cyklende. Undersøgelsen siger således ikke noget om, hvorvidt f.eks. en rundkørsel med/uden cykelfaciliteter er mere eller mindre sikker end andre krydstyper.

Selvom en rundkørsel med cykelfaciliteter er mindre sikker end en rundkørsel uden faciliteter, kan den måske godt være mere sikker end andre krydstyper, og derfor være et muligt godt kompromis mellem sikkerhed og tryghed/fremkommelighed for cyklisterne. Dette er derfor et spørgsmål, som bør udforskes yderligere.

# 1 Indledning

Vejdirektoratet har bedt Via Trafik om at undersøge den trafiksikkerhedsmæssige effekt af forskellige varianter af byrundkørsler for cyklister, og på denne baggrund vurdere hvordan disse rundkørsler med fordel skal udformes. Nærværende rapport sammenfatter resultaterne af vores undersøgelser.

## 1.1 Baggrund

Etablering af rundkørsler, især grad i det åbne land, er populært, idet de her ofte er et godt tiltag, som både sikrer god trafikafvikling og reducerer antallet af alvorlige krydsulykker. I dag findes der således sandsynligvis over 1.500 rundkørsler i det åbne land og byer i Danmark.

Rundkørsler, især større, 2-sporede og dynamiske rundkørsler, kan imidlertid udgøre en udfordring i forhold til de cyklende. Dette gælder, afhængig af den konkrete udformning, både i forhold til de cyklendes sikkerhed, oplevet tryk og fremkommelighed.

For byrundkørsler er der også en igangværende faglig diskussion, om det er et godt eller dårligt tiltag for de cyklende. Nogle kommuner har dårlige erfaringer med disse og ønsker at ombygge disse til signalregulerede kryds, mens andre henviser til de gode hollandske erfaringer med sådanne rundkørsler i byer, og derfor foreslår, at der etableres flere byrundkørsler.

Der er generelt et ønske om at få flere til at cykle, især på de kortere afstande i byerne, fremfor at køre bil både af hensyn til klima, miljø og helse. Samtidig skal antallet af alvorlige trafikulykker reduceret yderligere. Det er derfor afgørende at vide, hvordan disse rundkørsler i byerne skal bygges, så det forbedrer forholdene for de cyklende, eller som minimum ikke forringer forholdene for dem i form af større utryk, længere rejsetid og/eller flere ulykker.

## 1.2 Formål

Formålet med nærværende projekt har primært været at undersøge, hvilken betydning den konkrete fysiske udformning og regulering af byrundkørsler, herunder cykelfaciliteter, samt bil- og cykeltrafikken har for sikkerheden for cyklisterne.

Med udgangspunkt i denne undersøgelse har formålet også været at komme med anbefalinger, der kan inkluderes i vejreglerne og som giver brugerne bedre rådgivning om, hvordan man kan bygge rundkørsler i byområder, som er sikre for cyklisterne.

## 1.3 Overordnet metode

Projektet har bestået af to overordnede undersøgelser:

1. **Litteraturstudie** med gennemgang af relevante danske og udenlandske anbefalinger, erfaringer og studier.
2. **Kategoribaseret analyse af sammenhængen** mellem ulykker, udformning og trafik i 519 danske byrundkørsler, som er inddelt i 564 analyse-rundkørsler. De 564 rundkørsler kan forklares med, at nogle rundkørsler er blevet ombygget i analyseperioden og derfor er inkluderet i analysen som flere unikke analyseenheder.

## 1.4 Fokus, afgrænsning og forkortelser

**Rundkørsler:** Det er udelukkende rundkørsler, som analyseres i dette projekt, og således sikkerheden af forskellige varianter af rundkørsler. Der foretages ikke en sammenligning med sikkerheden af andre krydstyper og -reguleringer. Det vil sige, at resultaterne fra denne undersøgelse kan hjælpe med at vurdere hvilken variant og detailudformning, man skal vælge, hvis en eksisterende rundkørsel skal ombygges (uden at krydstypen ændres), eller der skal bygges en ny rund-

kørsel. Undersøgelsen giver således ikke svar på, om man skal bygge en rundkørsel eller en anden krydstype eller ombygge til/fra en rundkørsel til en anden krydstype.

**Byrundkørsler:** Som det fremgår af formålet, fokuseres der udelukkende på rundkørsler i byområder, dvs. på veje indenfor byzone-tavler med en hastighedsgrænse på typisk 50 km/t. Rundkørsler med lavere (30, 40 eller 45 km/t) eller højere (60 eller 70 km/t) hastighedsgrænse er også inkluderet i undersøgelsen, men disse udgør en lille andel af det samlede antal analyse-rundkørsler. Rundkørsler på veje i det åbne land er således ikke inkluderet.

**Rundkørsel-typer:** Det er i udgangspunktet både 2- og 1-sporede rundkørsler samt minirundkørsler, som er inkluderet i undersøgelsen. Minirundkørsler er her defineret som rundkørsler med overkørbar midterø. Special-rundkørsler er ikke inkluderet. 2-sporede rundkørsler behandles kun summarisk, da de er sjældne i byområder.

**Trafiksikkerhed for cyklister:** Som det også fremgår af formålet, fokuseres der på sikkerhed for cyklister. Det er således ulykker med cyklister og knallerter der fokuseres på i arbejdet. Disse ulykker betegnes i dette projekt som **C/K-ulykker**. Medmindre andet er beskrevet, omfatter dette person- og materielskadeulykker (og ikke ekstraueheld). Andre ulykker (som fodgænger- og bilulykker) vil dog også summarisk blive behandlet. Der er ikke lavet egne dataindsamlinger og analyser af oplevet trykthed, tilfredshed og fremkommelighed for cyklister, men dette er inkluderet i litteraturstudiet.

**Ulykkesdata:** Sikkerhedsvurderingen baseres udelukkende på data om politiregistrerede trafikulykker hentet via vejman.dk. Det er udelukkende person- og materielskadeulykker, som indgår i risikoberegningerne, mens ekstraueheld også er indhentet, og indgår i det omfang det har været behov for at lave ulykkesanalyse for lokaliteterne. Person- og materielskadeulykker betegnes i dette projekt som **P/M-ulykker**. Ulykkesdata fra akutmodtagelse (populært kaldet skadestuerregistreringer) er ikke medtaget i evalueringen, da de ikke findes for alle byer, og ikke altid er tilstrækkelig stedfæstet. Der er heller ikke foretaget indhentning af selvrapporterede ulykker eller konfliktstudier i analyse-rundkørslerne.

**Udformning af rundkørsler:** Der er ikke foretaget besigtigelse af analyse-rundkørslerne eller indhentet tegninger af rundkørslerne. Udformningen er derimod indhentet fra eksisterende og historisk billedmateriale tilgængelig via satellitbilleder og vej billeder (street view) fra Google Maps og ortofoto fra Danmarks Miljøportal eller vejman.dk.

**Trafikdata:** Der er ikke foretaget egne trafiktællinger i dette projekt. Trafiktal for bil- og cykeltrafikken, herunder svingbevægelser, er således om muligt baseret på eksisterende krydstællinger, tilgængelige i trafikdatasystemet MASTRA, i kommunernes egne trafiktællingsdatabaser (det er ikke alle krydstællinger, som tilføjes MASTRA), eller i Via Trafiks egen trafiktællingsdatabase (Via Trafik har i forbindelse med forskellige konkrete projekter foretaget utallige trafiktællinger, herunder mange krydstællinger). Alternativt er benyttet snittællinger og fagvurderinger fra den aktuelle kommune eller egne fagvurderinger.

**Kommuner:** Der er indhentet analyse-rundkørsler fra statsvejnettet og fra det kommunale vejnet i 73 danske kommuner, som udgør et bredt og repræsentativt udsnit af landets kommuner.

## 2 Danske og udenlandske anbefalinger

### 2.1 Detaljeret metodebeskrivelse

Det indledende litteraturstudie om byrundkørsler og cykelsikkerhed har overordnet omfattet følgende to dele:

1. **Anbefalinger:** Gennemgang af danske og udenlandske håndbøger/vejregler om byrundkørsler og cykeltrafik fra udvalgte lande.
2. **Evalueringer og erfaringer:** Gennemgang af danske og udenlandske evalueringer og erfaringer beskrevet i forsknings- og/eller udredningsrapporter og -artikler.

Dette kapitel sammenfatter resultatet af litteraturstudiet af anbefalinger i håndbøger og vejregler. Gennemgangen omfatter følgende otte lande: Danmark, Norge, Sverige, Tyskland, Holland, England, USA og Australien. Der er fokuseret på nationale gældende anbefalinger, men regionale/kommunale anbefalinger eller anbefalinger fra cyklistforbund eller lignende er også inkluderet, hvis det er fundet relevant.

Formålet har været at undersøge og sammenfatte anbefalinger om brug, udformning og regulering af rundkørsler. Der findes mange og omfattende anbefalinger om, hvor og hvordan rundkørsler bør etableres. Fokus har derfor været anbefalinger som eksplicit omhandler cyklist.

Publikationerne er fundet ved at søge efter håndbøger/vejregler om byrundkørsler og cykeltrafik fra de pågældende lande på engelsk eller landets sprog.

### 2.2 Danske anbefalinger

Rundkørsler kan reducere antallet af personskadeulykker og personskader væsentligt afhængigt af vej- og trafikforhold. Ulykkesreduktionen er markant for bilulykker, men ikke tilsvarende for antallet af cykel- og knallertulykker (Vejdirektoratet, 2018).

Antallet af cyklister er helt afgørende for ulykkesrisikoen. Ombygning af et kryds til rundkørsel forringer ofte trafikikkerheden for cyklister (Vejdirektoratet, 2017a). Dette taler for, at ombygning af kryds til rundkørsel i byområder begrænses til kryds med ingen eller få tohjulede trafikanter, medmindre cyklister og biltrafik separeres ved etablering af separat cykelsti udenfor rundkørselens cirkulationsareal.

En rundkørsel bør udformes så snæver, at det sikres, at bilisterne ikke kører for hurtigt ind i og ud af rundkørslen og dermed overser cyklister, de har vigepligt for (Vejdirektoratet, 2017). Yderligere, i rundkørsler, hvor der færdes cyklister, anbefales det for sikkerheden og trygheden, at der kun anlægges én tilfartsbane og én frafartsbane i hver af de tilstødende veje.

Af trafikikkerhedsmæssige årsager anbefales det, at cykelstiers passage af rundkørsler udformes, så cykelstierne tilbagetrækkes og stitrafikanten pålægges vigepligt ved krydsning af til- og frafartsbanerne, da rundkørsler ikke forbedrer trafikikkerheden for cyklister. Dette anbefales ligeledes ved dobbeltrettede cykelstier. Årsager til tilbagetrækning af cykelstier kan også være risikoen for en uacceptabel tilbagestuvning i cirkulationsarealet eller de særlige forhold i forbindelse med en dobbeltrettet stis passage af rundkørslen.

Tilbagetrækningen af cyklisters krydsning bør være mindst 10-15 m, og bør medføre, at cykeltrafikken pålægges vigepligt over for både ind- og udkørende biltrafik i den pågældende vejgren. Der kan eventuelt suppleres med fartdæmpere eller bomme, hvis det vurderes nødvendigt af hensyn til trafikikkerheden. Cyklisternes krydsning vil da ikke blive opfattet som en naturlig del af rundkørslen, og vil ikke være omfattet af de normale vigepligtsforhold i denne.





Figur 1. Eksempel på rundkørsel, hvor stikrydsningerne er trukket væk fra rundkørslen, og cyklisterne er pålagt vigepligt i krydsningerne (Google Maps).



Figur 2. Eksempel på rundkørsel med farvet cykelbane i cirkulationsarealet. Denne løsning kan ikke anbefales (Google Maps).

Hvis tilbagetrækningen bliver for stor, kan der i visse tilfælde være risiko for, at cyklister benytter kørebanen i stedet for cykelstien gennem rundkørslen. Det er derfor vigtigt at sikre, at tilbagetrækningen bliver opfattet som en naturlig del af cykelstien.

Hvis det arealmæssigt ikke er muligt at etablere denne løsning, eller hvis der ønskes en bedre fremkommelighed på cykelstien, anbefales det, at cykelstien føres igennem rundkørslen. Der kan ikke anbefales løsninger med en cykelbane eller farvede cykelfaciliteter igennem en rundkørsel, da disse forringer trafikikkerheden for cyklister (Vejdirektoratet, 2014).

En løsning med fartsdæmpning for biler i tilfarterne kan afhjælpe kollisioner mellem indkørende biler og cyklister, hvis der færdes cyklister i cirkulationsarealet.

Hvor der er cykelsti langs cirkulationsarealet, afmærkes med cykelfelt forbi vejgrenene. Cykelfeltet bør bestå af en eller to koncentriske punkterede linjer (0,5-0,5). Desuden skal der være cykelsymboler, der ses tydeligt af både indkørende og udkørende bilister.

Cykelsti bør normalt lægges tæt ved cirkulationsarealet. Langs tilfarts- og frafartsbaner bør cykelstier føres helt frem til cirkulationsarealet, så det undgås, at cyklister trænges af ind- og udkørende køretøjer.

Vigelinjen for cyklister i tilfarten bør placeres før fodgængerfeltet. Hvor der færdes mange cyklister, og hvor terrænet og arealforholdene muliggør det, kan biltrafikken og cykeltrafikken afvikles på hvert sit niveau.

Hvor pladsforholdene tillader det, bør der anlægges sekundærheller i alle vejgrene. Sekundærhellerne anvendes til at tydeliggøre tilstedeværelsen af rundkørslen og til at sikre lette trafikanters passage, samt som støttepunkt, hvor stitrafikanten er pålagt vigepligt. Hvor hellen anvendes som krydsningspunkt for stitrafikanter, bør bredden af hellen ved krydsningspunktet minimum være 2,5 m, så der er plads til afventende krydsende cyklister. På steder, hvor der er meget cykeltrafik med anhænger, bør hellebredden forøges.

I 2-sporede rundkørsler med 2-sporede til- og/eller frafarter anbefales det, at cyklisterne afvikles ude af niveau. Hvis ikke dette er muligt, er stor tilbagetrækning af stien at foretrække (Vejdirektoratet, 2019). Det skyldes, at ved en lille tilbagetrækning har krydsende cyklister svært ved at erkende i så kort afstand fra cirkulationsarealet, om cirkulerende biler i cirkulationsarealet ud for frafarten eller inden denne skal ud ad den pågældende 2-sporede frafart eller skal fortsætte cirkulationen forbi frafarten. Det kan skabe utryghed hos disse cyklister og farlige konfliktsituationer.



Figur 3. Tv.: Eksempel på toetagers rundkørsel (Vejdirektoratet). Th.: Eksempel hvor cykelstien føres under rundkørslen (Google Maps).

Hvis en lille tilbagetrækning alligevel etableres, kan en forbedring opnås ved at etablere en skillehelle med tilstrækkelig bredde til at være støttepunkt for cyklister mellem de to frafartsspor, men skillehellen er arealkrævende, især når tilgængelighedskrævende og dimensionsgivende køretøjer ved udkørsel skal kunne benytte begge frafartsspor.

Hvor cyklister skal krydse en 2-sporet tilfart med tilbagetrukket stikrydsning, og de således har vigepligt, skal der være opmærksomhed på risikoen for, at biler i det ene kørespor skaber dårlig oversigt for cyklisterne i forhold til biler i det andet kørespor. Den manglende oversigt er især kritisk, når der også på vejgrene uden for tilfartsområdet er to kørespor frem mod rundkørslen.

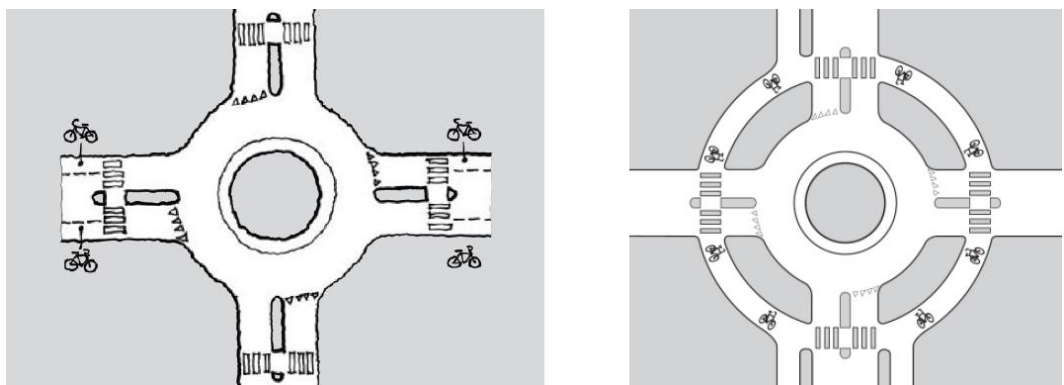
## 2.3

### Norske anbefalinger

#### Statens vegvesens håndbog i udformning af vejarealer

Det norske Vejdirektorat har formuleret nogle anbefalinger til, hvordan rundkørsler skal udformes, hvis cykeltrafikken skal tilgodeses (Statens vegvesen, 2019).

Hvis cyklister skal krydse rundkørslen i niveau, anbefales det, at rundkørselens til- og frafartsgrene er 1-sporede. Krydsningspunkter bør trækkes 5 m væk fra tilfarternes vigelinjer. Hvor der er mange krydsende lette trafikanter, kan fodgængerfelt eller lign. hæves for at øge bilisternes opmærksomhed og for at reducere bilernes hastighed.



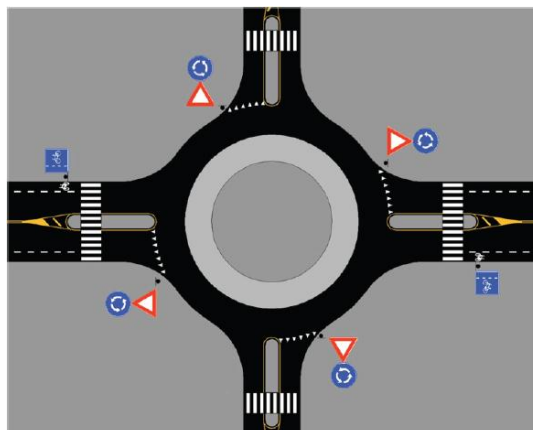
Figur 4. Tv.: Løsningsforslag, hvor cyklister skal dele cirkulationsarealet med bilerne. Th.: Løsningsforslag med cykelsti separeret fra bilernes cirkulationsareal (Statens vegvesen, 2019).

Løsninger for cyklister kan udføres som vist i de to principskitser i figur 4. Det anbefales **ikke** at vejafmærke cykelbane i rundkørslen.

#### Statens vegvesens cykelhåndbog

I det norske Vejdirektorats cykelhåndbog beskrives mere uddybende, hvordan rundkørsler anbefales planlagt, med hensyn til cykeltrafikken (Statens vegvesen, 2013).

Hvis der er cykelbaner på tilfarterne frem til rundkørslen anbefales det, at cykel- og biltrafik blandes i cirkulationsarealet. Denne løsning anbefales særligt i mindre rundkørsler med lav trafikintensitet. Hvis der er høj biltrafik og lav cykeltrafik bør det undersøges, om cykeltrafikken kan ledes udenom rundkørslen. Cykelbanen i tilfarten bør ophøre 5-10 m fra vigelinjen. Herved kan tilfartens samlede bredde indsnævreres.

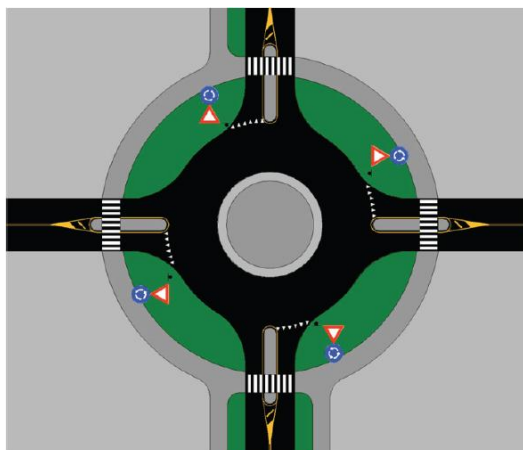


Figur 5. Eksempel på rundkørsel, hvor cykel- og biltrafik blandes i cirkulationsarealet (Statens vegvesen, 2013).

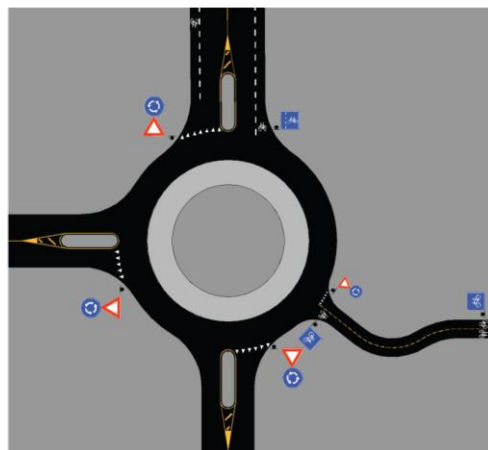
Cyklisterne er mere synlige, hvis der kun er en enkelt kørebane i tilfarten til rundkørslen og hvis cirkulationsarealet er smalt. Ved smalle kørebane kan bilerne ligeledes ikke overhale cyklerne. I frafarten kan cykelbanen fortsætte efter krydsningspunkt, fodgængerfelt og lign.

Ved større veje med to eller flere spor i til- og frafartssporene bør cykel- og biltrafikken ikke blandes. Derimod bør der etableres separate cykelfaciliteter. Krydsning over de tilstødende veje bør ske i god afstand fra rundkørslen, gerne 10-15 m og mindst 5 m. Dette kan udføres som vist i principskiten i figur 6.

For dobbeltrettede cykelstier ved rundkørsler kan stien munde ud i rundkørslen, så bil- og cykeltrafik blandes i cirkulationsarealet. Her kan den dobbeltrettede cykelsti i én side blive til cykelbaner på den anden side, som vist i figur 7.



Figur 6. Delt stifællessti i rundkørslen, hvor biltrafik og lette trafikanter separeres (Statens vegvesen, 2013).



Figur 7. Skifte mellem dobbeltrettet cykelsti og cykelbane i en rundkørsel (Statens vegvesen, 2013).

## 2.4

### Svenske anbefalinger

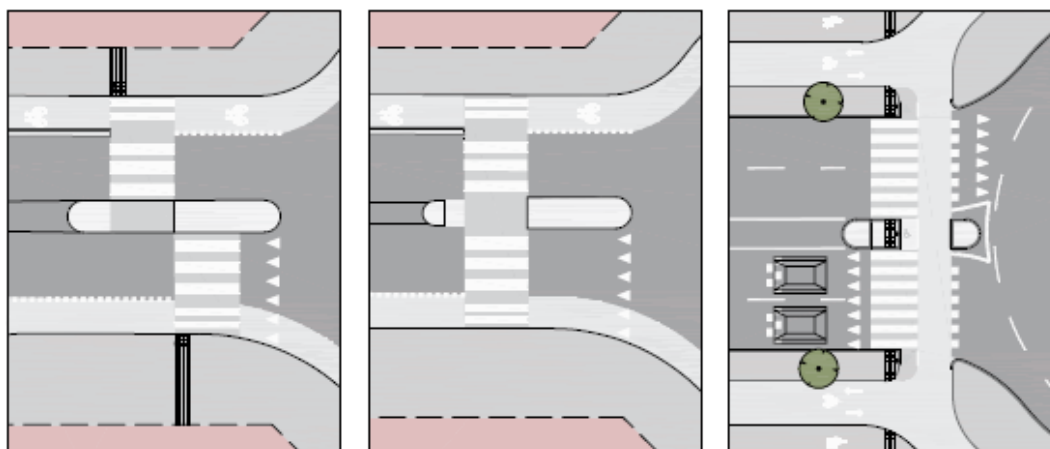
#### Svensk håndbog om udformning af trafikarealer til fordel for lette trafikanter

Det svenske Vejdirektorat har i samarbejde med de svenske kommuners landsforening udarbejdet en håndbog med anbefalinger til udformning af trafikarealer for lette trafikanter (Trafikverket & Sveriges Kommuner och Landsting, 2010).

Det anbefales, at rundkørselens cirkulationsareal holdes smalt, så hastigheden sænkes. Yderligere anbefales det, at cirkulationsarealet er 1-sporet, da det er mere sikkert for cyklisterne.

Hvis der er så høj biltrafikintensitet, at der kan opstå kapacitetsudfordringer med et 1-sporet cirkulationsareal, kan et 2-sporet cirkulationsareal afhjælpe trafikafviklingen. Det anbefales, at trafiksikkerheden prioriteres over kapaciteten, og at cirkulationsarealet anlægges 1-sporet.

2-sporede cirkulationsarealer medfører en mere kompleks trafikafvikling. Her bør enkeltheden og det, at et 1-sporet cirkulationsareal er lettere at overskue, opveje den øgede kapacitet.



Figur 8. Forskellige løsningsforslag for krydsning af en tilsluttende vejgred (Trafikverket).

Hvis til- og frafartssporene i en tilsluttende vejgred har mere end et kørespor bør de suppleres med hastighedsdæmpende foranstaltninger.

Cykelsti og cykelbane bør afsluttes før rundkørslen, så cykel- og biltrafik blandes i cirkulationsarealet. Hvis cirkulationsarealet og/eller tilfarten er 2-sporet bør der overvejes andre løsninger. Her bør de lette trafikanter adskilles fra biltrafikken via separate stier.

Der bør være fokus på snerydning ved cykelsti/-banens tilslutning til kørebanen, da der her let kan ske en ophobning af sne.

### Svensk håndbog i udformning af veje i byområder

Det svenske Vejdirektorat har udarbejdet en håndbog til udformning af veje i byer, hvori der figurerer et kapitel om udformning af rundkørsler (Trafikverket & Sveriges Kommuner och Landsting, 2015).

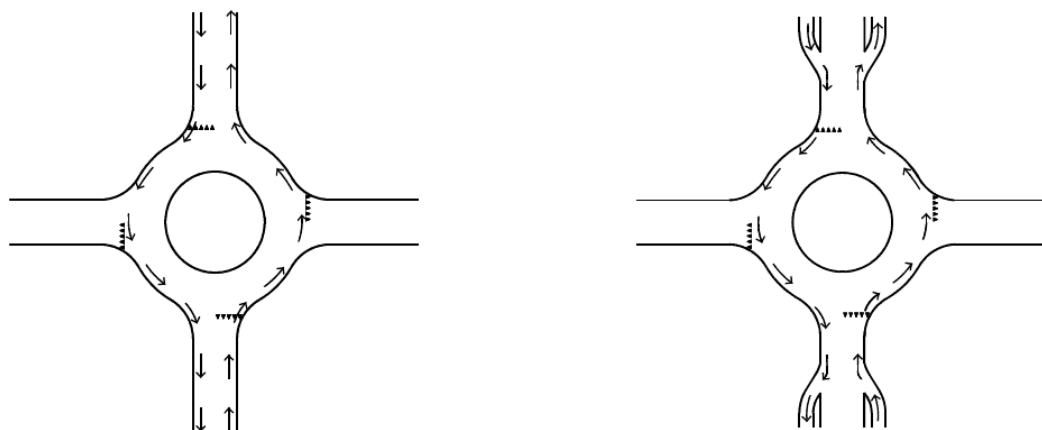
Rundkørsler med 2-sporede cirkulationsarealer øger risikoen for højresvingsulykker med 20 % i forhold til 1-sporede cirkulationsarealer. Hvis der er fodgænger- og cykeltrafik, bør der enten kun etableres 1-sporede rundkørsler eller en anden krydstype. F.eks. kan der etableres en forskudt krydsning ca. 50 m fra rundkørslen med signalreguleret krydsningsovergang.

Skal rundkørslen tilgodese lette trafikanter bør den dimensioneres til 30 km/t, hvilket svarer til en maks. radius på cirkulationsarealet på 35 m. Rundkørsler, der lever op til disse anbefalede dimensioner, påkræver ikke yderligere hastighedsdæmpende foranstaltninger.

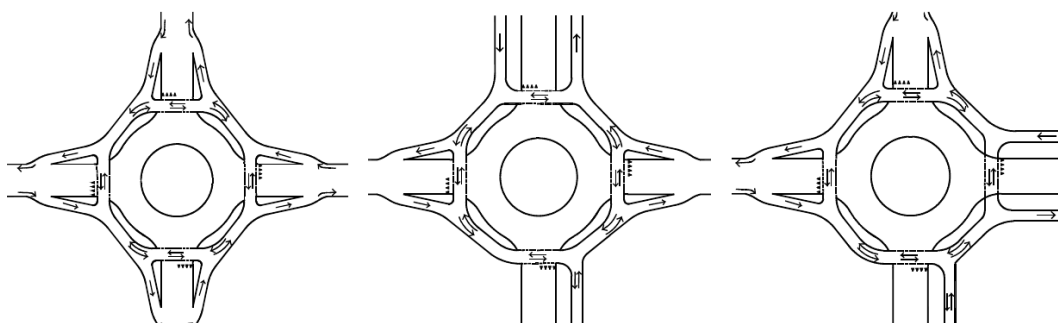
De lette trafikanter kan færdes i en rundkørsel på følgende tre måder: 1) På delt sti/fællessti, 2) cyklister på cykelsti/separat sti/blandet med biltrafik og fodgængere på eget fortov og 3) cyklister og gående blandes med biltrafikken.

Blanding af cykel- og biltrafikken i cirkulationsarealet kan accepteres, når følgende er opfyldt: 1) Indkørende ÅDT for køretøjer er ca. 10.000, 2) indkørende ÅDT for cykler er ca. 1.000 og 3) cykeltrafikken er ensrettet i tilfartssporene.

Cyklister kan blandes med biltrafikken i til- og frafartssporene og i cirkulationsarealet set i principskitserne i figur 9. Hvor der er højere trafikintensitet, bør cykeltrafikken adskilles fra biltrafikken i rundkørslen. Principløsninger, hvor cykeltrafikken adskilles fra biltrafikken i rundkørslen, kan ses i figur 10



Figur 9. Principløsninger for blanding af cykel- og biltrafikken (Trafikverket).



Figur 10. Principløsninger for adskillelse af cykel- og biltrafik i en rundkørsel (Trafikverket).

## 2.5

### Hollandske anbefalinger

I Holland kan rundkørsler i byer udformes og anvendes på forskellige måder i byer. Der er delte holdninger til vigepligtsforholdene i rundkørslerne; f.eks. om cyklister skal have vigepligt for biltrafik til og fra tilfartsgrenene eller ej.

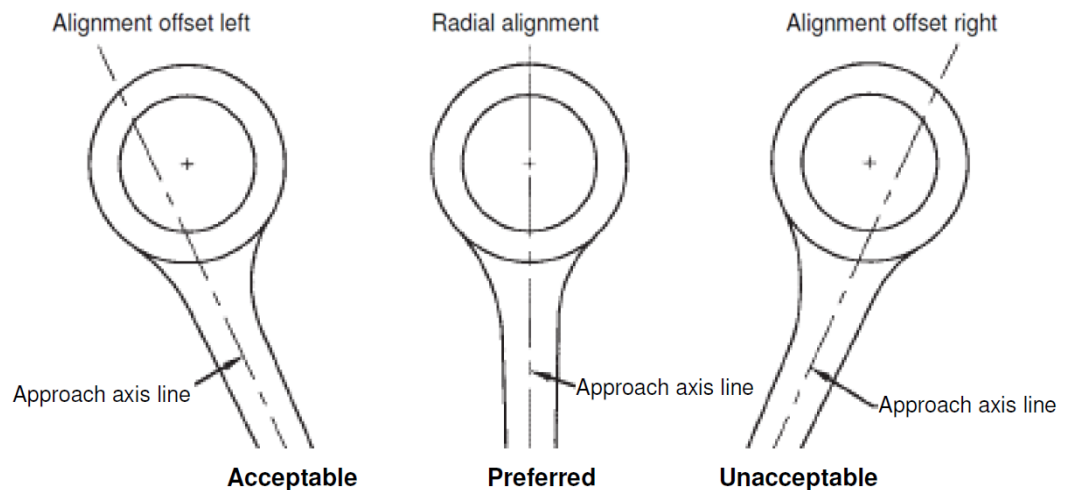
#### Håndbog om udformning og anvendelse af rundkørsler

En hollandsk håndbog beskriver, hvordan rundkørsler kan udformes og anvendes og hvilke trafikikkerhedsmæssige effekter ombygning til rundkørsel medfører (Royal HaskoningDHV, 2009). Håndbogen omhandler primært rundkørsler i åbent land, men er alligevel taget med her, da flere anbefalinger også kan være relevante for byrundkørsler.

Det anbefales generelt, at rundkørselens tilsluttende vejgrene udformes således, at biltrafikken skal ned i hastighed for at køre ind og ud af rundkørslen. Dette gør også rundkørslen mere sikker og tryk for cyklister. Derfor foretrækkes det midterste eksempel i figur 11.

Ved eksemplet til højre kan biler køre hurtigt ind i cirkulationsarealet og oversigten i rundkørslen fra tilfarten er begrænset. Ved eksemplet til venstre kan trafikken i cirkulationsarealet køre ud af rundkørslen i høj fart. Denne løsning er kun acceptabel, hvis der ikke kører cykler i rundkørslen.

Det anbefales, at der etableres midterheller i hver af de tilsluttende vejgrene. Herved har krydsende cyklister og fodgængere et støttepunkt og bilernes hastighed kan reduceres. Yderligere bør krydsningspunkter være tilpas belyst.



Figur 11. Anbefalinger til udformning og placering af tilsluttende vejgrene (Royal HaskoningDHV, 2009).

Cirkulationsarealer uden cykelsti giver ingen beskyttelse til cyklisterne, og det gør cykelbaner i cirkulationsarealet heller ikke. Derfor anbefales det, at cykeltrafikken adskilles fra biltrafikken. Her kan benyttes både cykelsti og delt sti/fællessti. Cykeltrafikken skal krydse de tilsluttende vejgrene vinkelret, og stitrafikanterne pålægges vigepligten.

To- eller flersporede rundkørsler kan medføre udfordringer for cyklisternes trafiksikkerhed. Cyklister bør adskilles fra biltrafikken i flersporede rundkørsler enten via tunneler eller broer. Hvis de lette trafikanter skal krydse flersporede i niveau, kan krydsningspunkterne signalreguleres.

#### Hollandsk håndbog i planlægning og udformning af cykelfaciliteter

I den hollandske håndbog "Design Manual for Bicycle Traffic" beskriver det hollandske forskningscenter CROW, hvordan rundkørsler i byer kan planlægges og udformes, så de imødekommer cykeltrafikken (CROW, 2016).

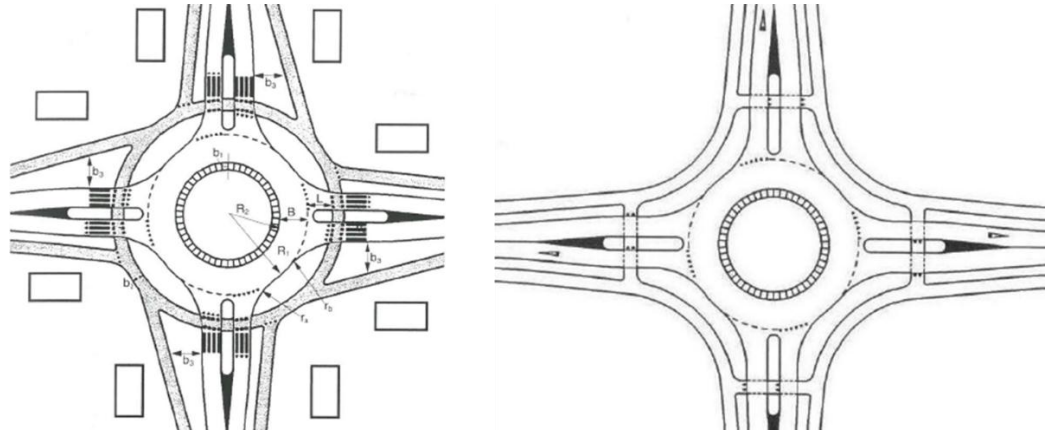
Håndbogen beskriver, at det generelt ikke er nødvendigt at etablere specifikke cykelfaciliteter i mindre rundkørsler med en indkørende trafik på omkring 6.000 køretøjer i døgnet. Dog bør det overvejes at etablere cykelsti i rundkørslen, hvis de tilsluttende vejgrene har cykelstier.

I større rundkørsler med højere trafikintensitet anbefales det under alle omstændigheder, at der etableres cykelsti. Cykelbane frarådes altid. Yderligere anbefales det, at der er fokus på:

- Cykelstien i rundkørslen opfordrer til, at cyklisterne er ekstra opmærksomme
- Krydsninger af de tilsluttende veje er overskuelige og synlige for cyklister og andre
- Cyklister skal være tilstrækkeligt synlige i nærhed af krydsningspunkterne, så andre trafikanter kan se dem tidligt
- Svingende cyklister skal kunne være i stand til at køre ud af rundkørslen så hurtigt og nemt som muligt.

Det anbefales, at rundkørsler i byområder giver cykeltrafikken forkørselsret. Herved understøttes en cykelvenlig politik. Udformningen af cykelsti i rundkørsel skal være udformet, så det kører cirkulært rundt om rundkørslen, og cykeltrafikken skal være ensrettet. Hvor cykeltrafikken har forkørselsret, frarådes det at lave "firkantede" cykelstiforløb, eller forløb hvor cykelstien drejer "ud". Ved sådanne forløb bør cykelstien pålægges vigepligt.

Udformningen af kørebanen i de tilsluttende vejgrene skal være tilpasset lave kørehastigheder. Dette kan gøres ved at gøre midterøen stor og høj nok til at den ikke er overkørbar, og for at mindske bilisternes oversigt gennem rundkørslen, så de sætter hastigheden ned. Yderligere kan tilstrækkeligt skarpe kurveradier for biltrafikken reducere deres kørehastighed.



Figur 12. Tv.: Rundkørsel hvor cykeltrafikken har forkørselsret. Th.: Rundkørsel hvor cykeltrafikken har vigepligt ved krydsning af de tilsluttende vejgrene. Den type rundkørsel anbefales hovedsageligt udenfor byområder (CROW, 2016).

### Uenighed mellem de hollandske institutter CROW og SWOV vedr. vigepligtsforhold

Det hollandske trafiksikkerhedsinstitut SWOV laver både undersøgelser af og kommer med anbefalinger til udformning og anvendelse af rundkørsler (SWOV, 2020). CROW er et forskningscenter, der bistår den hollandske regering i undersøgelser og anbefalinger til trafikplanlægning (CROW, 2020).

I ca. 60 % af rundkørslerne i byer i Holland har cyklisterne forkørselsret fremfor biler. Dette på trods af, at studier viser, at det er mindre trafiksikkert, og at der sker flere ulykker med cyklister, hvis biltrafikken skal vige for dem.

Anbefalingerne fra CROW og SWOV er her ikke helt ensartede. CROW anbefaler, at for rundkørsler i byer med separate cykelstier bør biltrafikken vige for cykeltrafikken. Herved er fokus på den bedste afvikling af cykeltrafikken. SWOV henviser til, at det for trafiksikkerheden, bør være cykeltrafikken der skal vige for biltrafikken.

## 2.6

### Tyske anbefalinger

#### Tyske håndbøger for udformning og anvendelse af rundkørsler

Det tyske forskningsinstitut FGSV for veje og trafikplanlægning har udarbejdet håndbøger til udformning af veje og rundkørsler i byområder (FGSV, 2006, 2006a, Brilon, 2005). Her er det beskrevet, hvordan forskellige typer rundkørsler kan udformes.

**Minirundkørsel:** Minirundkørsler anlægges kun i byområder med hastighedsgrænser på 50 km/t eller mindre. De anlægges typisk med en diameter på 13-24 m. Til- og frafarter og cirkulationsarealet er 1-sporet. Det anbefales, at cykeltrafikken blandes med biltrafikken, og at der ikke afmærkes en cykelbane, da cykelbaner forværrer cyklisternes trafiksikkerhed.



Figur 13. To eksempler på minirundkørsler i Tyskland (Brilon, 2005).

**Kompakt rundkørsel:** Den kompakte og 1-sporede rundkørsel laves typisk med en diameter på 26-45 m, dog anbefales minimum 30 m. Til- og frafarter og cirkulationsarealet er 1-sporet. Cy-

kelbaner i cirkulationsarealet frarådes. Cykeltrafikken kan blandes med biltrafikken i rundkørslen så længe den samlede årsdøgntrafik i rundkørslen ikke overstiger 15.000 køretøjer.



Figur 14. To eksempler på kompakte byrundkørsler i Tyskland (Brilon, 2005).

Hvis biltrafikken overstiger 15.000 biler i døgnet, anbefales det at etablere separate cykelstier. Hvor cykelstierne krydser de tilsluttende vejgrene, bør krydsningspunkterne placeres 4-5 m fra cirkulationsarealet.

Særligt i byområder anbefales det, biltrafikken har vigepligt for cyklisterne, og at denne vigepligt tydeliggøres via farvet vejafmærkning. Her er det særligt vigtigt, at krydsningspunkter over de tilsluttende vejgrene er mindst 4-5 m fra cirkulationsarealet.

Hvis cykelstierne er dobbeltrettede, skal der etableres særlig vejafmærkning, der signalerer dette.



Figur 15. Kompakt rundkørsel med cykelsti (rød) separeret fra biler (Brilon, 2005).

**Kompakt 2-sporet rundkørsel:** Udformningen af de kompakte 2-sporede rundkørsler er meget lig de 1-sporede rundkørsler. Forskellen er bredden på cirkulationsarealet. Her kan personbiler køre side om side i cirkulationsarealet. De to spor er dog ikke afmærkede. Yderligere er de kompakte 2-sporede rundkørsler kendetegnet ved; en ydre diameter på 40-60 m, cirkulationsarealets kørebanebredde er 8-10 m og uden vejafmærkning af køresporene, tilfarterne kan have et eller to spor og frafarterne må kun være enkeltsporede.

Cykeltrafikken må ikke blandes med biltrafikken i cirkulationsarealet i denne type rundkørsel. I stedet skal cykeltrafikken adskilles fra biltrafikken med separate cykelstier. Krydsning af flersporede tilsluttende vejgrene er dog problematisk, og derfor anbefales det ikke at etablere denne type rundkørsel, hvis der er en betydelig cykeltrafik.



Figur 16. To eksempler på kompakte 2-sporede rundkørsler i Tyskland (Brilon, 2005).



## 2.7

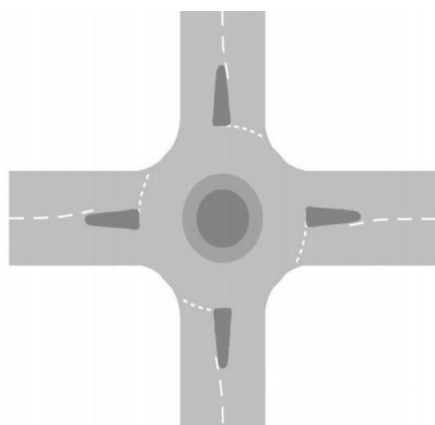
### Britiske anbefalinger

I Storbritannien er "The Design Manual for Roads and Bridges" (DMRB), de gældende håndbøger for trafikplanlægning og udformning og anvendelse af veje. Disse håndbøger dækker også over udformning af rundkørsler og anbefalinger til trafikikkerheden.

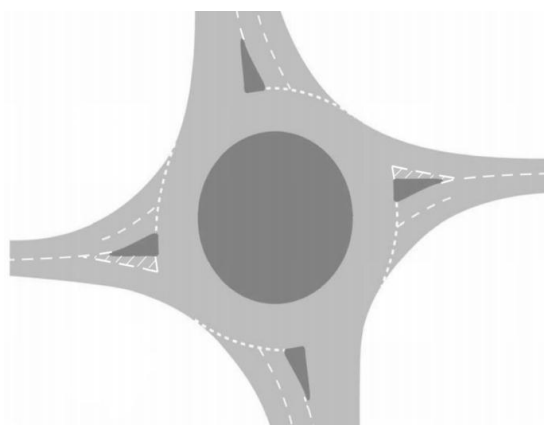
#### Håndbøger i udformning af rundkørsler og arealer til cykeltrafik

Der er udarbejdet gældende håndbøger for udformning af rundkørsler og for udformning af trafikarealer for cykler, som er gældende for hele Storbritannien (Highways England, 2020, 2020a).

Det anbefales ikke at etablere cykelbaner i cirkulationsarealet i en rundkørsel, da cyklisterne er særligt sårbare overfor biltrafik, der kører ud af rundkørslen. Der er opstillet forskellige anbefalinger ud fra hvilken type rundkørsel og hvilke cykelfaciliteter der er.



Figur 17. Principskitse med **kompakt rundkørsel** (Highways England, 2020).



Figur 18. Principskitse med **normal rundkørsel** (Highways England, 2020).

**Kompakt rundkørsel:** Rundkørsel med en midterø med en diameter på mindst 4 m og afmærket cirkulationsareal med en diameter på 28-36 m. Cirkulationsarealet og til- og frafarterne er smalle og 1-sporede. Den har mindre kapacitet end en normal rundkørsel, men kan være mere hensigtsmæssig, hvor der er et behov for at kunne servicere cykeltrafikken i niveau. For kompakte rundkørsler gælder følgende anbefalinger:

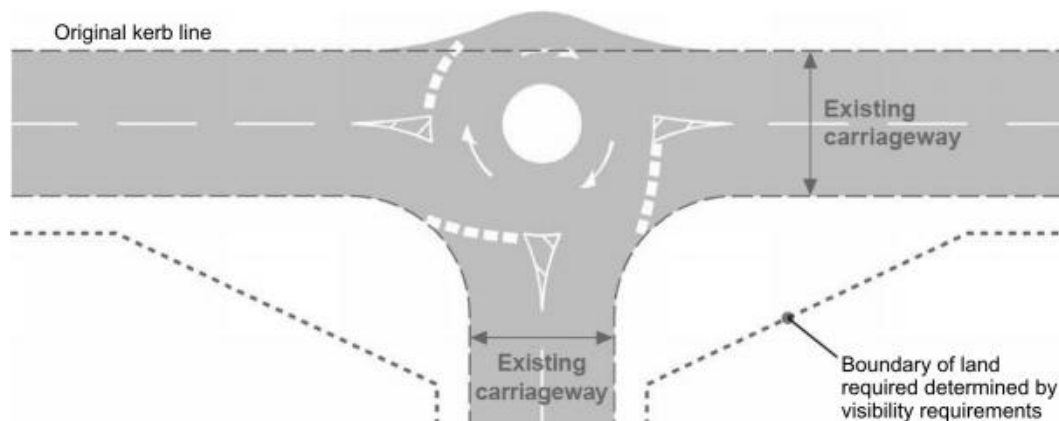
- Ved en ÅDT på 8.000 køretøjer eller flere, bør der etableres cykelsti
- Cykelsti/-baner i tilfarterne bør afsluttes 20-30 m før rundkørslen, hvis bil- og cykeltrafik blandes i cirkulationsarealet. Dette så cykel- og biltrafik kan integreres før rundkørslen.

**Normal rundkørsel:** En normal rundkørsel er en rundkørsel med en midterø med en diameter på mindst 4 m og et afmærket cirkulationsareal med en diameter på 28-100 m. I normale rundkørsler, inkl. dem, hvor der er separat venstresvingsbane, skal en af følgende muligheder for udformning bruges, hvis der skal planlægges mht. cykeltrafik:

- Cykelsti rundt i hele rundkørslen med cykelstikrydsninger ved hver vejgren
- Rundkørslen skal nedgraderes til en kompakt rundkørsel
- Separate cykelstier uden om/under/over rundkørslen
- Signalregulering af rundkørslen med passende cykelfaciliteter
- Ombygge rundkørslen til signalanlæg, eller anden krydstype med passende cykelfaciliteter.

**Vigepligt ved stier i rundkørsler:** Hvis cykeltrafikken har vigepligten, kan cykelstierne være dobbeltrettede. Hvis biltrafikken skal vige for cykeltrafikken, bør cykelstierne være ensrettede. Hvis der er cykelsti i tilfartsvejene, skal de forbindes med cykelsti i rundkørslen.

**Minirundkørsler:** Hvor der er mange cyklister og/eller skolebørn anbefales minirundkørsler ikke, medmindre de er suppleret med fartdæmpende foranstaltninger. Yderligere kan overkørbare midterøer være ringe for cyklisternes trafikikkerhed.

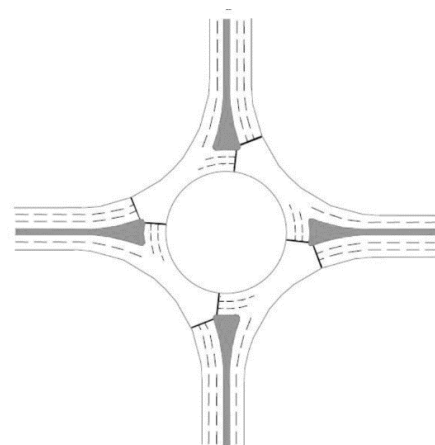


Figur 19. Principskitse af minirundkørsel (Highways England, 2020).

**Signalregulerede rundkørsler:** Ved planlægning for cykeltrafik ved signalregulerede rundkørsler skal et af følgende tiltag benyttes: 1) Cykelfaciliteter på vejen, 2) cykelfaciliteter adskilt fra vejen, 3) cykelsti hen over eller rundt om midterøen eller 4) cykelsti føres over eller under rundkørslen.

Ved cykelfaciliteter på vejen, f.eks. cykelbane, frarådes det at fremrykke cyklisternes stoplinje, hvis der er en højere ÅDT end 5.000 køretøjer, hvis tilfartsvejen har to eller flere spor eller hvis tilfartsgrenen har grønt lys i mere end 30 % af den samlede omløbstid.

Cykelsti i cirkulationsarealet i en signalreguleret rundkørsel bør være dobbeltrettet, så højresvingende cyklister kan tage den korteste rute ud af cirkulationsarealet.



Figur 20. Principskitse af signalreguleret rundkørsel (Highways England, 2020).

## 2.8

### Amerikanske anbefalinger

#### Amerikansk håndbog for udformning og anvendelse af rundkørsler

National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) har i samarbejde med det amerikanske Transportministerium og Vejdirektorat udarbejdet en informativ håndbog til planlægning, udformning og anvendelse af rundkørsler i USA (NCHRP, 2010).

I byområder anbefales det generelt, at rundkørsler etableres med til- og frafarter, der er udformet med henblik på at reducere bilernes hastigheder. Yderligere er 1-sporede rundkørsler at foretrække. Yderligere anbefales det at etablere midterheller på de tilsluttende vejgrene i en bredde på mindst 1,8 m, så lette trafikanter har et støttepunkt, når de krydser vejen.

Der bør ikke være cykelbaner i cirkulationsarealet og cykelbaner i tilfarterne bør ophøre før rundkørslen, så cykel- og biltrafik blandes, før de kører ind i cirkulationsarealet. Dette er primært gældende for 1-sporede rundkørsler. Ved flersporede rundkørsler bør det overvejes at adskille cykel- og biltrafikken.

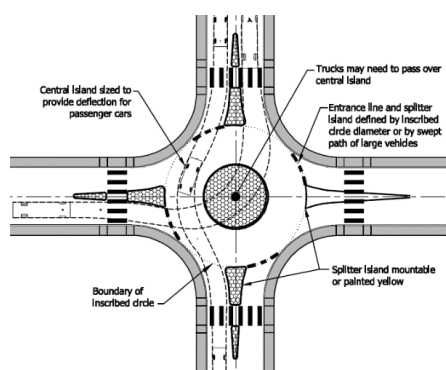
Udformning af minirundkørsler følger mange af de generelle principper for rundkørsler i USA. Diameteren bør ikke være større end 30 m, og midterøen er overkørbare. Hvis den afmærkes med

farve, skal det sikres, at der er tilpas overfladefriktion, så cyklister ikke glider ved overkørsel. Generelt ses det som acceptabelt, at cykel- og biltrafikken blandes i minirundkørsler.

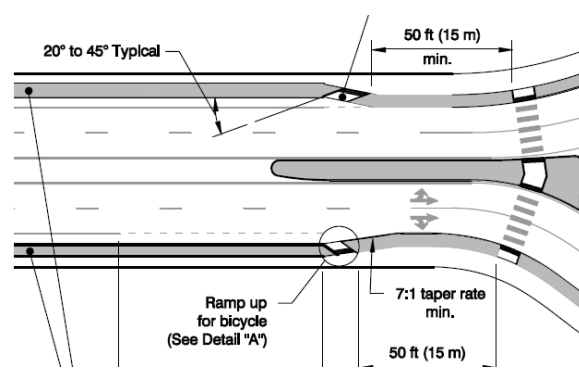
Hvis der er cykelbane i tilfarterne, uanset om det er en minirundkørsel eller en kompakt rundkørsel, bør de afsluttes mindst 30 m før rundkørslen, så cykel- og biltrafikken har tilpas afstand og tid til at blive blandet før indkørsel i cirkulationsarealet. Afslutningen af cykelbanen bør udføres således, at den gradvist indsnævres frem til rundkørslen. Cykelbanens kantbane skal være stipleet 15-60 m før cykelbanen indsnævres. Dette indikerer, at cyklisterne skal gøre klar til at flette ind med biltrafikken.

Cykel- og fodgængertrafik kan i visse rundkørsler blandes. Det sker ved at cykelbanen afsluttes før rundkørslen og der etableres en rampe fra cykelbanen til fortovet. Det bør kun etableres i særligt komplekse rundkørsler, som flersporede rundkørsler, da det ellers kan gøre trafiksituationen u hensigtsmæssigt kompleks for cyklister og for fodgængere. Her bør fortovet udvides eller opklassificeres til delt sti/fællessti.

Separat højresvingsbane i rundkørslen bør kun etableres, hvis der er lav cykeltrafik, eller hvor cyklisterne behov kan adresseres via udformning af cykelfaciliteter.



Figur 21. Principskitse af minirundkørsel (NCHRP, 2010).



Figur 22. Principskitse af indsnævring af cykelbane og rampe til fortovet (NCHRP, 2010).

## 2.9

### Australske anbefalinger

#### Håndbog i planlægning af rundkørsler

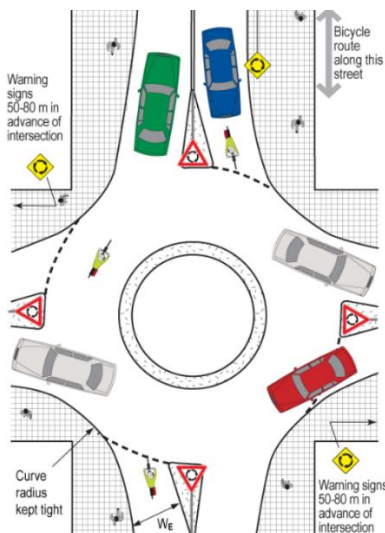
Et partnerskab sammensat af australske og newzealandske trafikmyndigheder har udarbejdet en håndbog til brug ved udformning af rundkørsler (Austroads, 2015).

Skal der sikres god trafiksikkerhed for cyklister i rundkørsler, skal der tages højde for biltrafikintensiteten, andelen af cyklister, de tilstødende vejes vejklasse og den overordnede trafikplanlægning for lokaliteten og nærområdet.

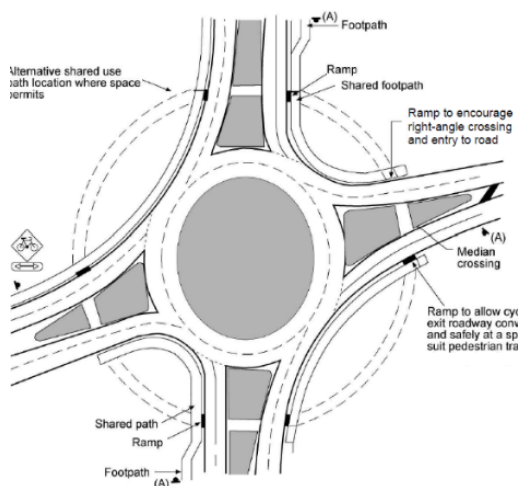
Yderligere skal der være fokus på at reducere hastigheden i til- og frafarterne og i cirkulationsarealet, og at selve cirkulationsarealet er smalt. Ved lave trafikmængder og hastigheder kan cykel- og biltrafikken blandes i rundkørslen. Ved større veje med højere trafikintensitet og hastigheder bør cykel- og biltrafik separeres.

**Små rundkørsler med blandet trafik:** På veje med hastighedsgrænse på 50 km/t eller mindre og med en ÅDT på maks. 3.000 køretøjer vurderer den australske håndbog, at cykel- og biltrafik kan blandes trafiksikkert. Ved rundkørsler, der tillader blandet trafik, anbefales det, at tilfartsgrene har en vejbredde på maks. 3 m.

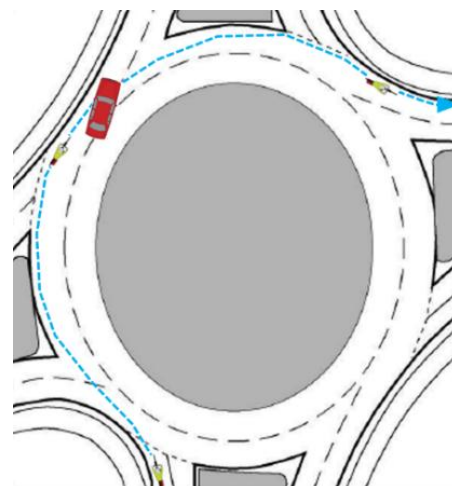
Vejbredder på mere end 3 m kan invitere til mere risikobetonet kørsel fra bilisterne, og at de overhaler og presser cyklisterne.



Figur 23. Principforslag, hvor cykel- og biltrafik blandes i cirkulationsarealet (Austroads, 2015).



Figur 24. Flersporet rundkørsel med forskellige løsninger for cyklister; her er sti langs vejgrene og, hvor pladsforholdene tillader det, et separat cirkulationsareal for lette trafikanter (Austroads, 2015).



Figur 25. Principskitse af cyklist, der kører i cirkulationsarealets yderste kørebane og viger for udkørende trafik (Austroads, 2020).

### Flersporede rundkørsler

I flersporede rundkørsler er der typisk højere trafikintensitet og højere hastigheder i tilfarterne. Erfarne cyklister kan muligvis færdes komfortabelt i sådanne rundkørsler, men det vurderes generelt at være både utrygt og usikkert at blande cykel- og biltrafik i flersporede rundkørsler.

Det anbefales derfor, at der etableres separate cykelstier eller delte/fællesstier til cyklisterne, så de adskilles fra biltrafikken. I **Fejl! Hensvisningskilde ikke fundet.** ses et principforslag til, hvordan cykelfaciliteter kan etableres ved flersporede rundkørsler.

Cyklisterne krydser de tilsluttende vejgrene før cirkulationsarealet, og de er pålagt vigepligten.

### Håndbog i planlægning af kryds og krydsningspunkter

Austroads (2020) har udarbejdet en håndbog for planlægning af vejkryds og krydsningspunkter, inkl. rundkørsler. I denne håndbog vurderes det, at der generelt ikke er behov for cykelfaciliteter i små 1-sporede rundkørsler hvor kørehastigheden er lav (30 km/t), og hvor der er lav trafikintensitet (ÅDT på 3.000-5.000 køretøjer).

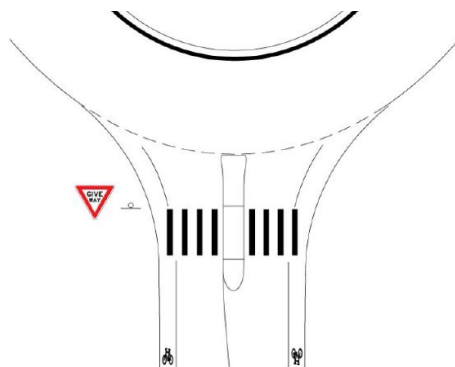
Ved højere trafikintensitet, større og/eller flersporede rundkørsler bør det overvejes at:

- Separat cykelsti ført over eller under rundkørslen og/eller de tilsluttende vejgrene
- Cykelsti langs cirkulationsarealet med krydsningspunkter over de tilsluttende vejgrene
- Ingen cykelfaciliteter (er kun acceptabelt under særlige forhold).

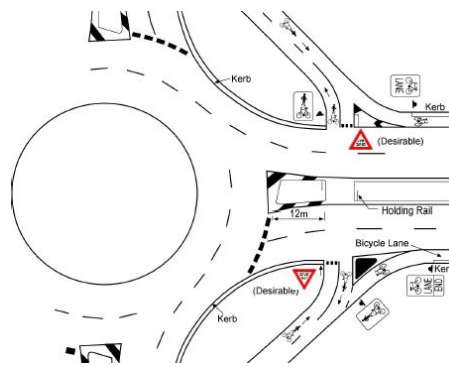
Hvor cykel- og biltrafik blandes i et flersporet cirkulationsareal, må cyklister godt færdes i cirkulationsarealets yderste kørebane. I det tilfælde skal cyklisterne dog vige for udkørende trafik, når de krydser tilsluttende vejgrene.

Hvor der er en betydelig cykeltrafik, der skal benytte en rundkørsel, bør tilfarterne tilsluttes cirkulationsarealet vinkelret for at reducere hastigheden for den ind- og udkørende biltrafik. Denne model omtales som "den europæiske model" og henviser til en mere kompakt udformning af cirkulationsarealet.

Denne udformning indebærer en stor midterø og smalle 1-sporede til- og frafarter. Denne udformning vurderes at være hastighedsnedsættende og giver samtidig bilisterne mere tid til at få overblik over rundkørslen, så de ikke overser cyklister i cirkulationsarealet.



Figur 26. Principforslag af tilsluttende vejgrend udført ud fra "den europæiske model" (Austrroads, 2020).



Figur 27. Principforslag af sikker krydsning for cyklister over vejtilslutning ved en rundkørsel (Austrroads, 2020).

Yderligere situationer, hvor der skal tages særligt hensyn til cyklister for at støtte deres fremkommelighed og sikkerhed, er:

- I rundkørsler, hvor der opstår udfordringer for cyklisternes trafiksikkerhed, bør der etableres opmærksomhedsskabende tiltag som f.eks. skiltning eller vejafmærkning, så bilerne holder øje med og viger for cyklisterne.
- Cykelsti kan føres forbi trebenet rundkørsel langs med primærretningen.
- Ved tilfartsveje, hvor der er lavet separat venstresvingbane i rundkørselens "hjørne", f.eks. ved afmærket cykelbane.
- Hvor der er store biltrafikstrømme, der kan køre gennem rundkørslen i høj hastighed.

Ved rundkørsler med cykelstier eller delte stier/fællesstier rundt om cirkulationsarealet skal det sikres, at der etableres sikre krydsningspunkter over de tilsluttende vejgrendene. Typisk vil cyklisterne skulle vige for trafikken på de tilsluttende veje.

## 2.10

### Opsummering af anbefalinger

Generelt er anbefalingerne for udformning af byrundkørsler og sikkerhed for cyklister sammenlignelige i de undersøgte lande. Det accepteres i bredt omfang, at cykeltrafikken kan blandes med biltrafikken i mindre rundkørsler, hvis der er lav trafikintensitet, lave kørehastigheder og smalle vejforhold.

Den maksimale trafikintensitet, der kan accepteres ved blandet trafik i cirkulationsarealet, varierer fra land til land. Der er dog generelt enighed om, at rundkørselens udformning skal være simpel og 1-sporet.

Rundkørsel med blandet trafik	DK	NO	SE	NL	DE	UK	US	AU
Blandet trafik tilladt	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Maks. ÅDT	Lav trafik	Lav trafik	10.000	Lav trafik	15.000	8.000	Lav trafik	5.000
Maks. kørespor i til- og frafart	1	1	1	1	1	1	1	-
Maks. kørespor i cirkulationsareal	1	1	1	1	1	1	1	-

Tabel 1. Anbefalinger for rundkørsler med blandet trafik i cirkulationsarealet.

Ved etablering af cykelfaciliteter varierer anbefalingerne og metoderne en smule i forhold til hvilke typer rundkørsler det drejer sig om. F.eks. anbefales det i Danmark generelt, at hvis der er cykelsti rundt om rundkørslen bør cyklisternes passage af rundkørslen udformes, så cykelstierne tilbagetrækkes og stitrafikanten pålægges vigepligt ved krydsning af til- og frafartsbanerne, da rundkørsler ikke forbedrer trafiksikkerheden for cyklister. I Holland er der et større fokus på cyk-

listernes fremkommelighed, og her anbefales det i højere grad, at biltrafikken pålægges vigepligt så cykeltrafikken kan passere rundkørsler uden at skulle vige.

Cykelfaciliteter i rundkørsler	DK	NO	SE	NL	DE	UK	US	AU
<b>Cykelbane</b>	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej
<b>Vigepligt ved enkeltrettet cykelsti</b>								
Cykeltrafik har vigepligt	x	x	x				x	x
Biltrafik har vigepligt				x	x	x		
<b>Vigepligt ved dobbeltrettet cykelsti</b>								
Cykeltrafik har vigepligt	x	x	x	x	x	x	x	x
Biltrafik har vigepligt								

Table 2. Anbefalinger til cykelfaciliteter i rundkørsler.

Der er generelt bred enighed om, at cykelbaner i rundkørsler har en negativ effekt på cyklisterne trafiksikkerhed, og generelt frarådes det at afmærke en cykelbane i cirkulationsarealet. I 2- og flersporede rundkørsler anbefales det generelt, at cykeltrafikken adskilles fra biltrafikken.

2-/flersporet rundkørsel	DK	NO	SE	NL	DE	UK	US	AU
<b>Blandet trafik i rundkørsel</b>	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Ja*
<b>Separat cykelsti i niveau</b>		x	x		x	x		x
<b>Separat cykelsti ude af niveau</b>	x			x				

Table 3. Anbefalinger ved 2- og flersporede rundkørsler. \* I Australien anbefales det, at cykel- og biltrafik holdes adskilt i flersporede rundkørsler, men blandet trafik kan accepteres under særlige forhold.

Adskillelse af cykel- og biltrafik kan udføres via cykelstier, der i niveau føres rundt om rundkørslen, eller via cykelstier der føres under eller over rundkørslen, så cyklisterne kan passere rundkørslen ude af niveau.

I Australien kan blandet trafik i flersporede rundkørsler accepteres under særlige forhold, men det anbefales generelt, at hvis det drejer sig om en flersporet rundkørsel, så bør cykeltrafikken adskilles fra biltrafikken.

Hvis cykelstien ligger i niveau med den flersporede rundkørsel anbefales det typisk, at krydsningspunkter over de tilsluttende vejgrene trækkes tilbage og væk fra rundkørslen, typisk 5-10 m. Yderligere anbefales det generelt, at krydsningspunkterne er udstyret med støttepunkter til de krydsende stitrafikanter.

## 3

# Danske og udenlandske erfaringer og studier

### 3.1

## Detaljeret metodebeskrivelse

Dette kapitel sammenfatter anden del af litteraturstudiet, som omfatter gennemgang af danske og udenlandske studier beskrevet i forsknings- og/eller udredningsrapporter og -artikler.

Vi har her foretaget en systematisk litteratursøgning, som har omfattet 1) en fast del og 2) en variabel del. Den faste del har bestået af et systematisk søg på nogle på forhånd bestemte hovedgrupper af kilder og steder og for nogle på forhånd bestemte søgeord som cykel, rundkørsel og sikkerhed og på forskellige sprog som dansk, norsk, svensk, engelsk, tysk og hollandsk. Vi har foretaget litteratursøgningen i udvalgte videnskabelige tidsskrifter og på diverse søgemaskiner som ScienceDirect og Google Scholar. Samtidig har vi foretaget en åben internetsøgning på [www.google.com](http://www.google.com). De fleste kilder er fundet i fuldttekst på Internettet.

Den variable del af litteratursøgningen har bestået af at gennemgå den litteratur, som er fundet i den faste del for yderligere relevante kildehenvisninger eller forfatternavne.

Litteraturgennemgangen er ikke begrænset til et specifikt antal lande, men omfatter alle de artikler og rapporter vi har fået fat på. Gennemgangen har som beskrevet primært omfattet kilder på nordisk, engelsk, tysk og hollandsk. Det betyder, at gennemgangen primært har fokuseret på lande som Danmark, Norge, Sverige, Storbritannien, USA, Australien, Tyskland og Holland. Vi har fokuseret på de bedste studier fra de seneste ca. 20 år. Fokus for gennemgangen har været effekter på sikkerhed for cyklister, men eventuelle andre effekter på f.eks. oplevet tryk og fremkommelighed er også inkluderet, hvis det er beskrevet i de fundne kilder.

Det er ønskeligt at sammenfatte resultaterne (effekterne) via en såkaldt meta-analyse. Med en meta-analyse menes en talmæssig sammenstilling af de gennemførte evalueringsstudier, hvor resultaterne vægtes i forhold til undersøgelsens størrelse. Gennemgangen har imidlertid vist, at det er metodemæssigt vanskeligt at foretage sådanne meta-analyser for rundkørsler, og det er derfor foretaget en mere kvalitativ sammenfatning af fundene.

### 3.2

## Overordnet effekt af byrundkørsler på cykelulykker

Jensen (2013a, 2013b) har undersøgt sikkerhedseffekterne af at ombygge kryds til rundkørsler. Dette er undersøgt via både dataanalyse og litteraturstudier. Af tabel 4 ses, at ombygninger af kryds til rundkørsler i Danmark har medført en stigning i antallet af ulykker og personskader blandt cyklister på hhv. 65 % og 40 %. Derimod ses et fald i antallet af dræbte cyklister.

Type af uheld og personskade	Fodgængeruheld og fodgængere	Cykeluheld og Cyklister	Knallert/mc-uheld og knallertkørere og motorcyklister	Biluheld og personer i biler
Alle uheld	-39%	<b>”+65%”</b>	<b>”+46%”</b>	<b>”-31%”</b>
Personskadeuheld	-36%	+31%	+30%	<b>-54%</b>
Materielskadeuheld	-46%	<b>+114%</b>	<b>+67%</b>	<b>”-19%”</b>
Alle personskader	-15%	<b>+40%</b>	+30%	<b>”-85%”</b>
Dræbte	-100%	-49%	-62%	<b>-100%</b>
Alvorlige skader	+2%	+10%	+25%	<b>-86%</b>
Lette skader	-6%	<b>+80%</b>	+50%	<b>”-83%”</b>

Tabel 4. Sikkerhedseffekter af ombygninger af kryds til rundkørsler på ulykker med hhv. fodgænger, cykel, knallert/mc og bil samt på personskader blandt fodgængere, cyklister, knallertkørere/motorcyklister og personer i bil ifølge før-efter evalueringen. Materielskadeulykker inkluderer ekstrauheld, effekter i grå baggrund er signifikante og effekter i anførselstegn er inhomogene (Jensen, 2013a).

Seks studier i Jensens (2013b) litteraturstudie angiver effekter på antal cykelulykker og personskader blandt cyklister som følge af ombygninger af kryds til rundkørsler. De viser en stigning i antal cykelulykker på 38 % og en stigning på 20 % i antal personskader. Effekter for cyklister i udlandet er bedre end i Danmark, hvilket primært synes at kunne hænge sammen med, at cykelfaciliteter i rundkørsler er anderledes i Danmark end i udlandet.

Den sikreste facilitet for cyklister synes at være en separat, tilbagetrukket cykelsti i nærheden af cirkulationsarealet, hvor vigepligten er pålagt cyklister, mens den mest usikre facilitet synes at være cykelbane ved ydersiden af cirkulationsarealet.

I et tidligere litteraturstudie har Jensen og Madsen (2012) undersøgt sikkerheden for cyklister i rundkørsler. Her henviser de til et belgisk studie, som viser, at antallet af personskadeulykker med cyklister steg med 27 % ved ombygning fra kryds til rundkørsel. To danske studier viser stigninger på 0-29 % i cykelulykker og personskader blandt cyklister. Endelig viser to hollandske studier fald på 8-74 % i cykelulykker og personskader blandt cyklister. Meta-analyserne viser en stigning i cykelulykker på 21 % og et fald i personskader blandt cyklister på 21 % ved ombygning af kryds til rundkørsler.

Jensen og Madsen (2012) bemærker, at rundkørsler i Belgien og Danmark ligner hinanden meget. Derfor er effekter på ulykker og personskader, herunder blandt cyklister, måske netop også meget lig hinanden. De hollandske rundkørsler er anderledes, særligt hvad angår faciliteter for cyklister. Umiddelbart anslås rundkørsler i dansk design at resultere i omkring 20-30 % flere cykelulykker og personskader blandt cyklister.

I et belgisk studie (Daniels, Nuyts & Wets, 2008) steg antallet af cykelulykker med 48 % (77 % for ulykker med dræbte eller tilskadekomne) efter ombygning af kryds til rundkørsler i tæt bebyggelse i Belgien.

I den norske trafikikkerhedshåndbog er sikkerhedseffekterne af ombygning fra kryds til rundkørsel også blevet undersøgt (Høye, 2017), bl.a. via et litteraturstudie. Her refereres til adskillige norske og andre udenlandske erfaringer. Høye har fundet, at rundkørsler i gennemsnit har flere cykelulykker end kryds. Der blev fundet en ikke-signifikant stigning i antal cykelulykker efter ombygning fra kryds til rundkørsler på 7 %. De mest betydelige faktorer, som ifølge Høye (2017) har effekt på cyklistsikkerheden i rundkørsler er:

- Høj hastighed: Negativ effekt
- Cykelbaner: Negativ effekt
- Flere kørespor: Negativ effekt
- Skæve vinkler mellem vejgrene og cirkulationsarealet: Negativ effekt
- Færre cyklister: Negativ effekt
- Cykelsti udenfor rundkørslen: Potentielt færre ulykker, men kan give forringet fremkommelighed afhængig af vigepligtsforholdene.

### 3-3

#### Effekt af cykelfaciliteter

I tabel 5 har Jensen (2013a) opsummeret sikkerhedseffekter på cykelulykker efter ombygning af kryds til 1-sporede rundkørsler opdelt på type af cykelfacilitet. Ifølge Jensens studie er den mest sikre løsning for cyklister, at der etableres separat cykelsti udenfor rundkørslen. De andre nævnte løsninger har medført en forringet sikkerhed for cyklisterne.

I de følgende afsnit uddybes effekterne af de forskellige cykelfaciliteter, som typisk etableres i og omkring byrundkørsler. Det gælder ikke kun for 1-sporede rundkørsler, men også minirundkørsler og flersporede rundkørsler.



Zone, type af cykelfacilitet		Cykeluheld			Alle uheld		
		Forventet	Efter	Effekt	Forventet	Efter	Effekt
By	Ingen	2	5	+102%	35	23	-34%
	Cykelbane	28	59	+109%	142	131	-8%
	Farvet cykelbane	6	21	+238%	40	48	+21%
	Cykelsti	10	12	+22%	45	29	-35%
	Farvet cykelsti	5	10	+97%	23	31	+33%
	Separat sti	3	1	-64%	26	16	-39%
	To-plan	0	0	-	3	1	-62%

Tabel 5. Sikkerhedseffekter på cykelulykker af ombygninger af kryds til 1-sporede rundkørsler opdelt på type af cykelfacilitet i rundkørsel ifølge før-efter ulykkesevalueringen (Jensen, 2013a).

### 3-3-1

#### Cykelsti i rundkørsel

Jensen (2013a) har fundet, at ombygning af kryds til 1-sporede rundkørsler med cykelstier i rundkørslen har en negativ sikkerhedseffekt, når det kommer til cykelulykker, jf. tabel 5. Især farvet cykelsti har en negativ effekt for sikkerheden.

Ud fra modelberegninger på baggrund af tre hollandske studier fandt Dijkstra (2005) en ulykkesreducerende effekt ved cykelstier i rundkørsler. Denne effekt gælder dog kun, hvis cyklisterne skal vige for biltrafikken. Når bilisterne skal vige for cyklisterne, fandt Dijkstra ingen effekter. Yderligere har Dijkstra fundet, at antallet af hospitalsindlagte cyklister falder med 87 %, når kryds bygges om til rundkørsler med cykelsti, hvor cyklister skal vige for motorkøretøjer. Faldet forventes dog kun at være 11 %, når bilisterne skal vige for cyklisterne.

I et studie af belgiske rundkørsler angiver Daniels m.fl. (2009), at ombygninger af kryds til rundkørsler med cykelstier giver et fald i cykelulykker på 21 %, når bilister skal vige for cyklister. Sikkerhedseffekten, når cyklister skal vige for bilisterne, er mindre, hvor faldet i cykelulykker er 14 %. Daniels m.fl. (2011) angiver yderligere i et lidt nyere studie, at rundkørsler med cykelsti har 42 % færre cykelulykker end rundkørsler uden cykelsti.

Generelt er der lidt forskellige resultater ved ombygning af kryds til rundkørsel med cykelsti. Danske studier viser en stigning i cykelulykker, mens belgiske og hollandske erfaringer viser en reduktion i cykelulykker. Det er imidlertid ikke helt klart om de belgiske og hollandske studier omhandler cykelstier i eller udenfor rundkørsler, og forklaringen på forskellen kan således være, at disse også inkluderer cykelstier udenfor rundkørsler.

### 3-3-2

#### Separat cykelsti udenfor rundkørsel

Jf. tabel 5 viser Jensen (2013a), at separat cykelsti udenfor rundkørsel er den mest trafiksikre løsning for cyklister i 1-sporede rundkørsler. Dette særligt, hvis cyklisterne har vigepligt for biler ved krydsning af rundkørselens vejgrene. I et andet studie uddyber Jensen (2013b), at de separate stier med fordel kan krydse mindre end 10 m fra den ydre begrænsning af rundkørslen, eller stien kan føres over eller under rundkørselens vejgrene.

I et ældre hollandsk studie angiver Schoon og van Minnen (1993), at forskellen i cyklisters sikkerhed mellem rundkørsler med separat sti og rundkørsler med cykelbane eller ingen facilitet er meget stor, når der er over 8.000 indkørende køretøjer pr. døgn, mens forskellen er mere beskednen ved lavere trafikmængder. Ifølge Jensen (2013a) synes effekten på alle ulykker at blive dårligere, jo mere trafik der er i rundkørslen.

Daniels m.fl. (2009) angiver i et belgisk studie, at ombygninger af kryds til rundkørsler, hvor cykeltrafikken føres under rundkørselens vejgrene, har givet et fald på 44 % i cykelulykker.

I en hollandsk undersøgelse viser Dijkstra (2004), at rundkørsler med separate cykelstier er mere sikre end rundkørsler med blandet trafik. Dette gælder særligt, når cyklisterne skal vige for øvrig trafik ved passage af rundkørselens vejgrene.

Generelt viser erfaringer fra både Danmark, Belgien og Holland, at ombygning til rundkørsler med separate stier har den bedste sikkerhedseffekt for cyklister, sammenlignet med rundkørsler med andre cykelfaciliteter.

### 3-3-3

#### Cykelbane i rundkørsel

**1-sporede rundkørsler i Danmark:** Jensen (2013a) har undersøgt effekterne af ombygning af kryds til 1-sporede rundkørsler og minirundkørsler. Typen af cykelfacilitet i 1-sporede rundkørsler har stor betydning for den effekt på cykelulykker, der indtræffer ved ombygning af kryds til 1-sporede rundkørsler. Det er især cykelbaner, både med og uden farve, der resulterer i flere cykelulykker, og de farvede cykelbaner er særligt problematisk (+238 %). De farvede cykelfaciliteter medfører samtidig dårlige effekter på ulykker uden cyklister i byområder.

**Minirundkørsler i Danmark:** Af tabel 6 ses, at ombygninger af kryds til minirundkørsler med farvede cykelbaner har resulteret i markante stigninger i cykelulykker (+235 %) og alle ulykker (+82 %). På den baggrund fraråder Jensen (2013a), at der etableres cykelbaner med rød eller blå farve. I hovedtræk fraråder Jensen (2013a), at der etableres cykelfaciliteter i minirundkørsler.

Type af cykelfacilitet	Cykeluheld			Alle uheld		
	Forventet	Efter	Effekt	Forventet	Efter	Effekt
Ingen	10	15	+46%	42	45	+7%
Cykelbane	2	6	+186%	26	28	+9%
Farvet cykelbane	5	16	+235%	19	35	+82%
I alt	17	37	+115%	87	108	+24%

Tabel 6. Sikkerhedseffekter af ombygninger af kryds til minirundkørsler på hhv. cykelulykker og alle ulykker opdelt efter type af cykelfacilitet i minirundkørsel ifølge før-efter evalueringen (Jensen, 2013a).

I et belgisk studie angiver Daniels m.fl. (2009), at ombygninger af kryds til rundkørsler med cykelbaner øger antallet af cykelulykker med 93 %. De fleste cykelbaner og –stier er røde i det belgiske studie (73 af 81 rundkørsler). I to yderligere studier af sikkerhedseffekter ved ombygninger af kryds til rundkørsler finder Daniels m.fl. (2010, 2011), at rundkørsler med cykelbane på ydersiden af cirkulationsarealet resulterer i markant flere cykelulykker end rundkørsler med cykelstier.

På trods af de tilsyneladende ringe sikkerhedsmæssige forhold for cyklister i rundkørsler med cykelbaner, viser amerikanske studier gennemført af Arnold m.fl. (2013), at cyklister føler sig mere trygge i rundkørsler med cykelbane end rundkørsler uden cykelfaciliteter. Høye (2017) mener, at cykelbaner kan give cyklisterne en falsk tryghed og gøre dem tilbøjelige til at færdes mindre forsigtigt i rundkørsler.

De generelle erfaringer både i Danmark og i udlandet med cykelbaner i rundkørsler er, at det er en ringe løsning for trafikikkerheden.

### 3-3-4

#### Ingen cykelfaciliteter (blandet trafik)

I en undersøgelse af danske rundkørsler viser Jørgensen og Jørgensen (2002), at rundkørsler i byzone uden cykelfaciliteter har lavere ulykkesfrekvens pr. indkørende motorkøretøj end rundkørsler i byzone med cykelbane eller cykelsti langs ydersiden af cirkulationsarealet. Dette understøttes af Hels og Møller (2007) i et studie med baggrund i ulykkesmodellering.

I et belgisk studie af sikkerhedseffekter ved ombygning af kryds til rundkørsler angiver Daniels m.fl. (2009), at ombygninger til rundkørsler uden cykelfaciliteter har resulteret i et fald i cykelulykker med personskaade på 9 %.

Høye (2017) angiver i den norske trafikikkerhedshåndbog, at de fleste ulykker med cyklister i rundkørsler uden cykelfaciliteter sker fordi bilisterne ikke har set cyklisterne. Dette kan bl.a.

forklares med, at cyklisterne cykler yderst i rundkørslen. Det er derfor bedst for cyklisternes sikkerhed, hvis de cykler midt på kørebanen i rundkørslen, da bilisterne her er mere opmærksomme på cyklisterne. Cyklisterne føler sig dog mere utrygge, hvis de skal køre ude på vejen sammen med bilerne. Yderligere foreslår Høye, at det kan være mere sikkert, hvis cykel- og biltrafikken blandes i vejgrene før rundkørslen.

I en sammenfatningsrapport af adskillige håndbøger og studier fra hele verden, angiver Høye m.fl. (2015) at rundkørsler uden cykelfaciliteter, hvor bil- og cykeltrafikken er blandet, giver den bedste fremkommelighed for cyklisterne.

Det tyder generelt på, at rundkørsler uden cykelfaciliteter kan være en acceptabel løsning for trafikikkerheden, som dog ikke prioriterer cyklisternes oplevede tryghed. Baseret på både danske og internationale erfaringer, er det mere trafikikkert ikke at have nogen cykelfaciliteter i rundkørsler end cykelbaner, både farvet og ikke farvet. I rundkørsler uden cykelfaciliteter kan det være en fordel via afmærkning at opfordre cyklisterne til at cykle midt på vejen i cirkulationsarealet fremfor ude i kanten af banen.

### 3.4 Effekt af detailudformning

Udover cykelfaciliteter kan selve rundkørselens detaljeudformning spille en rolle for cyklisternes sikkerhed. Det kan være antal vejgrene eller kørespor, cirkulationsarealets diameter eller midterøens højde. I de følgende afsnit er gennemgået væsentlige kilder, der undersøger sikkerhedseffekterne af rundkørslernes udformning.

#### 3.4.1 Type rundkørsel

Når der tales om type af rundkørsel menes der typisk minirundkørsler, hvor midterøen er overkørbar, 1-sporede eller flersporede rundkørsler eller signalregulerede rundkørsler.

Type af rundkørsel	Uheld			Personskader		
	Effekt	95% CI	Homogen?	Effekt	95% CI	Homogen?
Mini	+24%	-8% ; +54%	Ja	-6%	-42% ; +27%	Ja
1-sporet	-34%	-41% ; -28%	Nej	-64%	-70% ; -58%	Nej
Flersporet	-13%	-37% ; +9%	Ja	-66%	-86% ; -48%	Nej
Signalreguleret	-18%	-56% ; +18%	Ja	-74%	-100% ; -46%	Ja

Tabel 7. Sikkerhedseffekt af ombygning fra kryds til fire forskellige typer rundkørsel (Jensen, 2013a).

I tabel 7 ses det, at sikkerhedseffekten ved ombygning af kryds til minirundkørsler er dårlig (+24 %) mens effekten på ulykker er bedst ved ombygninger til 1-sporede rundkørsler (-34 %) (Jensen, 2013a). Effekten på personskader er næsten ens for 1-sporede, flersporede og signal-regulerede rundkørsler (-64-74 %). Baggrunden for de ringe effekter ved minirundkørsler kan være, at de i Jensens studie alle er lokaliseret på veje med lave hastighedsgrænse på 40-50 km/t.

Effekter for 1-sporede rundkørsler er ikke homogene, hvilket primært skyldes, at effekterne bliver stadig bedre, jo højere hastighedsbegrænsningen er. For flersporede rundkørsler varierer effekterne også betydeligt især som følge af forskelligt design af cirkulations- og frafartsspor.

I Jensens (2013a) litteraturstudie findes fald i antallet af ulykker ved ombygning af kryds til 1-sporede og flersporede rundkørsler på hhv. 48 % og 19 %. I London fandt man fald i antallet af ulykker og personskader på hhv. 28 % og 15 % ved at signalregulere eksisterende rundkørsler, og faldene var større blandt cyklister.

#### 3.4.2 Vejgrene – antal og udformning

Jensen (2013a) har undersøgt sikkerhedseffekten af ombygninger af kryds til rundkørsler opdelt på antal vejgrene til rundkørslen. I studiet af ulykkesmodeller for rundkørsler fandt Jensen, at antallet af vejgrene havde en stor signifikant betydning for tætheden af ulykker med cyklister

involveret. Det blev også vist, at antallet af vejgrene er vigtigt for ulykkesforekomsten i rundkørsler i byzone.

Zone, antal vejgrene	Uheld			Personskader		
	Effekt	95% CI	Homogen?	Effekt	95% CI	Homogen?
By, 3 vejgrene	+29%	-4% ; +61%	Ja	+14%	-30% ; +55%	Nej
By, 4 vejgrene	-14%	-26% ; -2%	Nej	-35%	-49% ; -20%	Nej
By, 5-7 vejgrene	-7%	-50% ; +31%	Ja	-19%	-77% ; +33%	Ja

Tabel 8. Sikkerhedseffekter af ombygninger af kryds til rundkørsler opdelt på antal vejgrene (Jensen, 2013a).

Af tabel 8 ses det, at antallet af vejgrene synes at have en stor betydning for sikkerhedseffekterne ved ombygninger af kryds til rundkørsler i byzone. Ombygninger af kryds til rundkørsler med tre vejgrene i byzone har medført flere ulykker og personskader, mens andre ombygninger har givet fald i ulykker og personskader.

I Jensens før-efter ulykkesevaluering ses det, at det især er rundkørsler med tre vejgrene ved hastighedsbegrænsninger på 40-50 km/t, der har medført stigninger i antallet af ulykker og personskader.

I relation til antallet af vejgrene har Jensen fundet, at det er af betydning, hvordan vejgrene er placeret i forhold til hinanden. Vinklen mellem to tilstødende vejgrens midtlinjer er målt. Forskellen mellem største og mindste vinkel i en rundkørsel er af betydning for både sikkerhedseffekten ved ombygninger af kryds til rundkørsler og ulykkesfrekvensen i rundkørslen. Jo større forskellen mellem største og mindste vinkel er, desto dårligere er sikkerhedseffekter og jo højere er ulykkesfrekvenser, se tabel 9.

Antal vejgrene, zone og forskel mellem største og mindste vinkel			Uheld			Personskader		
			Forventet	Efter	Effekt	Forventet	Efter	Effekt
3	By	0-59 grader	44	49	+10%	20	19	-4%
		60-119 grader	39	59	+51%	15	21	+37%
	Land	0-59 grader	13	5	-60%	4	1	-76%
		60-119 grader	102	56	-45%	54	16	-70%
4	By	0-29 grader	188	153	-19%	87	48	-45%
		30-103 grader	161	147	-9%	64	51	-20%
	Land	0-29 grader	288	163	-43%	182	29	-84%
		30-103 grader	185	106	-43%	100	22	-78%

Tabel 9. Sikkerhedseffekter på ulykker og personskader af ombygninger fra kryds til rundkørsler opdelt efter antal vejgrene samt forskel mellem største og mindste vinkel mellem tilstødende vejgrens midtlinjer ifølge før-efter ulykkesevalueringen (Jensen, 2013a).

Derudover har Jensen i før-efter ulykkesevalueringen fundet, at 3,4-4,3 m brede tilfartsspor og 3,8-4,7 m brede frafartsspor giver de bedste sikkerhedseffekter. I byzone forekommer det yderligere, at ombygninger af kryds til 1-sporede rundkørsler med trekantsheller har medført de bedste sikkerhedseffekter. Jensen konkluderer, at det bør frarådes at udforme 1-sporede rundkørsler i byzone med parallelheller.

På baggrund af flere internationale studier og håndbøger har Høye (2017) fundet, at rundkørsler, hvor vejtilslutningerne er vinkelrette på cirkulationsarealet, er mere sikre og har en lavere risiko for cyklistulykker. Vinkelrette vejtilslutninger kan derudover have en fartdæmpende effekt, hvilket er positivt for trafiksikkerheden.

I et New Zealandsk studie finder Turner m.fl. (2009), at mere end ét tilfartsspor i samme vejgren er forbundet med en 66 % højere ulykkesfrekvens i forhold til rundkørsler med kun ét tilfartsspor pr. vejgren.

Harper og Dunn (2005) finder i deres studie af australske rundkørsler, at flere tilfartsspor i samme vejgrend medfører en lavere frekvens af ulykker mellem indkørende og cirkulerende trafik, når modellen samtidig inkluderer cirkelafstanden (afstanden på den indskrevne cirkel mellem midtlinjer for vejgrene) til næste vejgrend. Jo større cirkelafstand, desto færre ulykker.

I det amerikanske National Cooperative Highway Research Program angiver Rodegerdts m.fl. (2007), at bredden af vejgrene påvirker frekvensen af ulykker mellem indkørende og cirkulerende trafik. Jo smallere vejgrene er, desto færre ulykker sker der. De angiver også, at vinklen til næste vejgrend har indflydelse på frekvensen af ulykker mellem indkørende og cirkulerende trafik, idet en større vinkel fører til færre ulykker. Det stemmer overens med resultaterne i Harper og Duns (2005) australske studie; at en større afstand mellem vejgrene fører til færre ulykker.

### 3.4.3

#### Kørespør – antal og udformning

Jensens (2013a) før-efter ulykkesevaluering omfatter kun et fåtal flersporede rundkørsler hvorfor hans konklusioner i dette henseende hviler på et beskedent grundlag. Antallet af vejgrene til en flersporet rundkørsel synes at have en indflydelse på sikkerhedseffekterne. Sikkerhedseffekterne for flersporede rundkørsler med tre vejgrene er ikke gode, mens de er væsentligt bedre, hvis der er fire vejgrene.

Antal vejgrene	Uheld			Personskader		
	Forventet	Efter	Effekt	Forventet	Efter	Effekt
3	17	26	+52%	6	8	+34%
4	66	44	-33%	27	1	-96%
5	12	12	+3%	6	4	-35%
I alt	95	82	-13%	39	13	-66%

Table 10. Sikkerhedseffekter af ombygninger af kryds til flersporede rundkørsler opdelt efter antal vejgrene ifølge før-efter ulykkesevalueringen (Jensen, 2013a).

Jensen finder yderligere, at ulykkestætheden er lavere i flersporede rundkørsler, hvis cykeltrafik helt er forbudt i og omkring rundkørslerne. I ulykkesmodelstudiet er cyklister involveret i 30 ud af 229 ulykker. Resultater fra før-efter ulykkesevalueringen er vist i tabel 11

Type af cykelfacilitet	Cykeluheld			Alle uheld		
	Forventet	Efter	Effekt	Forventet	Efter	Effekt
Ingen (forbudt at cykle)	0	0	-	10	5	-49%
Enkeltrettet separat sti	0	0	-	17	24	+42%
Dobbeltrettet separat sti	2	0	-100%	66	50	-24%
To-plan	0	0	-	2	3	+29%

table 11.

Type af cykelfacilitet	Cykeluheld			Alle uheld		
	Forventet	Efter	Effekt	Forventet	Efter	Effekt
Ingen (forbudt at cykle)	0	0	-	10	5	-49%
Enkeltrettet separat sti	0	0	-	17	24	+42%
Dobbeltrettet separat sti	2	0	-100%	66	50	-24%
To-plan	0	0	-	2	3	+29%

Table 11. Sikkerhedseffekter af ombygninger fra kryds til flersporede rundkørsler med og uden shunts ifølge før-efter ulykkesevalueringen (Jensen, 2013a).

Det ses, at det ikke er cykelulykker, der påvirker sikkerhedseffekter ved ombygninger af kryds til flersporede rundkørsler i før-efter ulykkesevalueringen. Derfor har type af cykelfacilitet næppe haft en betydning for sikkerhedseffekterne af flersporede rundkørsler i Jensens evaluering.

I en gennemgang af adskillige studier fra bl.a. Sverige, USA, Belgien og Australien har Høye (2017) i den norske trafikikkerhedshåndbog fundet, at flersporede rundkørsler generelt medfører flere ulykker og forringet sikkerhed for cyklister.

### 3-4-4

#### Cirkulationsareal

Ifølge Jensen (2013a) synes cirkulationsarealets bredde ikke i sig selv at være vigtig for sikkerheden. Det er cirkulationsarealets bredde i forhold til den samlede diameter, der forekommer at være væsentlig. Et cirkulationsareal med en bredde på 0,15-0,25 gange den samlede diameter synes at være sikrest, dvs. typisk omkring 7 m. Shunts synes hverken at forbedre eller forværre sikkerheden i 1-sporede rundkørsler.

I en undersøgelse af 200 danske rundkørsler, har Jørgensen og Jørgensen (2002) ikke kunne påvise en sammenhæng mellem ulykkesfrekvens og bredde af cirkulations- og overkørselsarealer.

I et australsk studie af rundkørsler har Harper og Dunn (2005) via ulykkesmodeller omvendt fundet, at et bredere cirkulationsareal medfører flere ulykker i rundkørsler. De finder, at cirkulationsarealets bredde er den eneste geometriske variabel, der påvirker det samlede ulykkestal.

Rodegerdts m.fl. (2007) finder i det amerikanske National Cooperative Highway Research Program, at frekvensen af ulykker mellem udkørende og cirkulerende trafik stiger med stigende bredde af cirkulationsarealet og stiger med stigende cirkeldiameter.

### 3-4-5

#### Hastighedsgrænse

Jensen (2013a) finder, at hastighedsgrænsen kan have en væsentlig betydning for de sikkerhedseffekter, der opnås ved ombygninger af kryds til rundkørsler. Dette gælder særligt for 1-sporede rundkørsler. For flersporede rundkørsler kan hastighedsbegrænsning ikke dokumenteres at være vigtig for sikkerhedseffekter eller ulykkesfrekvenser.

Vejgrene	Hastighedsbegrænsning	Uheld			Personskader		
		Forventet	Efter	Effekt	Forventet	Efter	Effekt
3	40-50 km/t	37	54	+44%	14	22	+56%
	60-70 km/t	46	30	-35%	19	11	-41%
	80-130 km/t	73	28	-61%	42	6	-86%
	I alt	156	112	-28%	75	39	-48%
4-7	40-50 km/t	163	135	-17%	57	54	-5%
	60-70 km/t	115	100	-13%	65	25	-62%
	80-130 km/t	403	205	-49%	250	44	-82%
	I alt	682	440	-35%	372	123	-67%
I alt		838	552	-34%	447	162	-64%

Tabel 12. Sikkerhedseffekter af ombygninger af kryds til 1-sporede rundkørsler opdelt efter antal vejgrene og højeste hastighedsbegrænsning på vejgrene ca. 100 m før rundkørsel ifølge før-efter ulykkesevalueringen (Jensen, 2013a).

Ved rundkørsler i byer vil hastighedsgrænsen typisk være 40-50 km/t og i enkelte tilfælde 60-70 km/t på større veje. I tabel 12 ses det, at sikkerhedseffekterne ved 40-50 km/t i højere grad er afhængigt af antallet af vejgrene. Ved ombygning til rundkørsler med tre vejgrene og hastighedsgrænse på 40-50 km/t er sikkerhedseffekten således væsentligt forringet.

På baggrund af før-efter studier i 21 rundkørsler i en svensk by angiver Hydén og Várhelyi (2000), at når bilisten skal "forsætte" sin kørsel i rundkørslen mod højre, så reducerer bilisten indkørsels-hastigheden fra før (kryds) til efter (rundkørsel). Hastigheden reduceres stadigt indtil forsætningen er ca. 2 m, hvorefter hastigheden forbliver på samme niveau omkring 30 km/t.

Hels og Møller (2007) finder ud fra ulykkesmodellering, at jo mere fartdæmpende en rundkørsel er, desto færre cykelulykker sker der.

I et New Zealandsk studie finder Turner m.fl. (2009), at cirkulationshastigheden er den mest betydende faktor for ulykkesfrekvensen i rundkørsler i byzone ud over trafikmængder. Jo højere cirkulationshastighed desto flere ulykker, og jo højere cirkulationshastighed desto flere ulykker mellem cirkulerende cyklister og indkørende køretøjer.

I den norske trafikikkerhedshåndbog har Høye (2017) i et litteraturstudie fundet, at de fleste ulykker med biler og cyklister i rundkørsler skyldes, at bilisten overskrider sin vigepligt og ikke ser cyklisten. Etableres der fartdæmpende tiltag i og før rundkørslen kan sikkerheden for cyklisterne forbedres.

På baggrund af internationale studier tyder det generelt på, at lavere hastigheder i rundkørsler giver bedre trafikikkerhed. Det gælder både kørehastighed i tilfarten og i cirkulationsarealet. Lavere kørehastighed giver bilisterne mere tid til at orientere sig ved ind- og udkørsel i en rundkørsel. Ved ombygning af kryds til rundkørsler er sikkerhedseffekten dog væsentligt ringere ved lavere antal vejgrene og lavere kørehastighed.

### 3.4.6

#### Udformning af midterø

Jensen (2013a) har fundet, at dimensionering af midterøen ikke har den store indflydelse på sikkerhedseffekterne ved ombygning af et kryds til en flersporet rundkørsel. For 1-sporede rundkørsler er sikkerhedseffekterne omvendt mere udtalte.

Zone og den samlede diameter	Uheld			Personskader			
	Forventet	Efter	Effekt	Forventet	Efter	Effekt	
By	6,0-19,9 m	112	118	+5%	35	43	+24%
	20,0-29,9 m	154	118	-24%	67	48	-28%
	30,0-39,9 m	41	36	-12%	23	11	-51%
	40,0-54,0 m	5	7	+34%	4	0	-100%

Tabel 13. Sikkerhedseffekter af ombygninger fra kryds til 1-sporede rundkørsler opdelt efter den samlede diameter af midterø og overkørselsareal ifølge før-efter ulykkesevalueringen (Jensen, 2013a).

De bedste effekter opnås, når kryds bygges om til 1-sporede rundkørsler med en samlet diameter af midterøen på 20-40 m. Dette resultat understøttes af Jensens litteraturstudie. Ifølge både ulykkesmodelstudiet og før-efter ulykkesevalueringen synes afmærkning af en kantlinje ved midterøen at forbedre sikkerheden i 1-sporede rundkørsler enten som følge af tilstedeværelse af et overkørselsareal eller synliggørelse af midterøen.

Midterøens højde på midten	Uheld			Personskader		
	Forventet	Efter	Effekt	Forventet	Efter	Effekt
0,0-0,9 m	267	204	-24%	116	66	-43%
1,0-1,9 m	242	177	-27%	126	62	-51%
2,0-10,0 m	329	171	-48%	205	34	-83%

Tabel 14. Sikkerhedseffekter af ombygninger af kryds til 1-sporede rundkørsler opdelt efter midterøens højde på midten ifølge før-efter ulykkesevalueringen (Jensen, 2013a).

Yderligere har Jensen fundet, at midterøens højde på midten har en væsentlig betydning for sikkerhedseffekter ved at bygge kryds om til 1-sporede rundkørsler. Midterøens højde påvirker især antallet af ulykker mellem cirkulerende og ind-/udkørende trafikanter. Ulykker med cyklister er voldsomt påvirket af midterøens højde, hvor ombygninger af kryds til 1-sporede rundkørsler med høje midterøer resulterer i markante fald i antallet af cykelulykker og ombygninger til rundkørsler med lave midterøer giver store stigninger i antallet af cykelulykker.

Jørgensen og Jørgensen (2002) finder, at der ikke er mærkbar sammenhæng mellem midterøens diameter og ulykkesfrekvens, dog synes midterøer over 40 m i diameter at have højere ulykkesfrekvens.

Montonen (2007) finder i et studie af finske rundkørsler, at ulykkesfrekvensen er lavest for rundkørsler med en midterø diameter på 13-20 m, mens store midterøer (over 30 m) har den højeste ulykkesfrekvens.

Rodegerdts m.fl. (2007) finder, at frekvensen af ulykker mellem indkørende og cirkulerende trafik falder med stigende diameter af midterøen, mens frekvensen af ulykker mellem udkørende og cirkulerende trafik stiger med stigende diameter. Daniels m.fl. (2011) angiver ud fra modeller af sikkerhedseffekter i Belgien, at der er færre ulykker i rundkørsler med midterøer med højde over 0,5 m i forhold til lavere midterøer.

Generelt peger erfaringerne på, at hvis midterøens diameter er større end 30-40 m, så bliver trafikikkerheden forringet. Trafikkerheden bliver dog forbedret hvis midterøen er høj.

### 3-5

## Opsummering af erfaringer og studier

Erfaringer med ombygning af kryds til rundkørsler i byzone er meget forskellige. Ifølge danske erfaringer tyder det på, at ombygning til minirundkørsler medfører en negativ sikkerhedseffekt hvorimod ombygning til en 1-sporet rundkørsel giver den bedste sikkerhedseffekt.

Hvad angår cykelfaciliteter i rundkørsler ses det generelt, at erfaringerne med cykelbaner i rundkørsler er dårlige og giver en væsentligt forringet trafikikkerhed for cyklisterne. Her bør der i stedet være cykelsti i eller endnu bedre udenfor rundkørslen eller blandet trafik i rundkørslen.

Erfaringerne med cykelstier er dog blandede bedømt på både danske og internationale erfaringer. Der bør være særligt fokus på vigepligtsforholdene, da flere studier peger på, at den bedste sikkerhedseffekt opnås hvis cyklisterne skal vige for bilerne. Dette giver omvendt en forringet fremkommelighed for cykeltrafikken.

Hvis cykel- og biltrafik blandes i cirkulationsarealet, kan det øge trafikanternes opmærksomhed på hinanden, hvilket giver en positiv sikkerhedseffekt. Det er dog på bekostning af cyklisternes oplevede tryghed.

De mest sikre cykelfaciliteter tyder på at være separate cykelstier, hvor cykeltrafikken afvikles udenfor rundkørslen. Dette kan gøres enten ude af niveau eller hvor cyklisterne krydser rundkørselens vejgrene væk fra rundkørslen.

Rundkørsler med vinkelret tilslutning af vejgrene virker mere trafiksikre. Vinkelrette tilslutninger kan virke hastighedsdæmpende på bilerne, hvilket kan give bilisterne mere tid til at orientere sig i rundkørslen ved både ind- og udkørsel.

Yderligere tyder det på, at jo færre vejgrene der er tilsluttet en rundkørsel, desto mere sikker er rundkørslen. Sikkerheden kan yderligere forbedres, hvis der i hver vejgren kun er et enkelt smalt tilfartsspor.

Udenlandske erfaringer peger på, at flersporede rundkørsler er forbundet med en højere ulykkesfrekvens og forringet trafikikkerhed for cyklister. Her anbefales det typisk, at cykeltrafikken afvikles uden for rundkørslen.

En høj midterø i rundkørslen med en diameter under 30-40 m synes at have en positiv effekt på cyklisternes trafikikkerhed. En høj midterø gør, at trafikanterne ikke kan se gennem rundkørslen og den begrænsede oversigt kan virke hastighedsdæmpende for bilisterne. En lille diameter på midterøen giver skarpere kurver som ligeledes virker fartdæmpende.



I tabel 15 ses en liste over cykelfaciliteter og sikkerhedseffekter ved ombygning fra kryds til rundkørsel og en sammenligning af de forskellige cykelfaciliteter.

Baseret på litteraturstudiet af sikkerhedseffekterne ved ombygning af kryds til byrundkørsler er lavet en opsummering af, hvordan cyklisteres sikkerhed kan prioriteres. I tabel 16 ses en liste af delelementer ved udformning af en byrundkørsel, og hvilke, der ifølge litteraturstudiet, tilgodeser trafikikkerheden.

Cykelfaciliteter i rundkørsel	Ombygning fra kryds til rundkørsel	I forhold til andre cykelfaciliteter
Ingen cykelfaciliteter (blandet trafik)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Primært positiv effekt, men varierer og afhænger af, hvad der sammenlignes med.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bedre sikkerhed end cykelbane</li> <li>Ringere sikkerhed end cykelsti i rundkørsel ifølge Jensen (2013a) og Daniels m.fl. (2011)</li> <li>Bedre sikkerhed end cykelsti i rundkørsel ifølge Jørgensen og Jørgensen (2002) og Hels og Møller (2007)</li> <li>Generelt ringere sikkerhed end separate cykelstier</li> </ul>
Cykelbane (farvet og ikke-farvet)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Negativ effekt generelt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Generelt ringere sikkerhed end andre cykelløsninger i rundkørsler</li> <li>Mere trygge end rundkørsler uden cykelbane ifølge Arnold m.fl. (2013) og Høye (2017)</li> </ul>
Cykelsti i rundkørsel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Primært negativ effekt, men varierer og afhænger af, hvad der sammenlignes med.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bedre sikkerhed end ingen cykelfaciliteter ifølge Jensen (2013a) og Daniels m.fl. (2011)</li> <li>Ringere sikkerhed end ingen cykelfaciliteter ifølge Jørgensen og Jørgensen (2002) og Hels og Møller (2007)</li> <li>Generelt ringere sikkerhed end separate cykelstier</li> </ul>
Separat cykelsti udenfor rundkørsel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Positiv effekt generelt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Generelt bedre sikkerhed end andre cykelløsninger i rundkørsler</li> </ul>

Tabel 15. Opsummering af sikkerhedseffekter opdelt på type af cykelfaciliteter.

Udformning	Anbefaling
Type rundkørsel	1-sporet
Cykelfacilitet	Separat cykelsti
Antal vejgrene	< 5
Antal kørespor i de tilstødende vejgrene	1
Tilfartsspors bredde	3,4-4,3 m
Frafartsspors bredde	3,7-4,8 m
Vinkel på tilslutning til rundkørsel	90 grader
Antal kørespor i rundkørsel	1
Diameter af midterø	Maks. 30-40 m
Højde af midterø	Over 2 m

Tabel 16. Opsummering af, hvordan sikkerheden for cyklister kan prioriteres ved etablering af byrundkørsler.

## 4

# Analyse af rundkørsler – Metodebeskrivelse

### 4.1

## Overordnet undersøgelsesdesign

Undersøgelsen af danske byrundkørsler er lavet som en såkaldt kategoribaseret risikoberegning, hvor sammenhængen mellem 1) ulykker og 2) forskellige vejudformningsparametre ved 3) forskellig trafikmængde og -sammensætning er analyseret. Ulykker er således den afhængige variabel, mens data om udformning og regulering samt trafikmængde og -sammensætning udgør de uafhængige variable. Der beregnes ulykkesrisiko for de cyklende, hvor krydsudformning og regulering er inddelt i forskellige kategorier, og trafikken er inddelt i forskellige intervaller.

Der er i dette projekt ikke lavet en traditionel ulykkesmodel, hvor der laves et matematisk udtryk (model) for sammenhængen mellem krydsudformning, trafik og ulykker. Dette har ligget udenfor dette projekts ramme. Baseret på de indhentede data om rundkørslerne er der dog grundlag for at udvikle sådanne ulykkesmodeller i et evt. opfølgende projekt. Idet dette ikke er en før-efter analyse, skal der ikke kontrolleres for generel ulykkesudvikling, lokale trafikændringer og regressionseffekter.

Den kategoribaserede risikoberegning består af følgende fem trin:

1. Identificering af potentielle analyse-rundkørsler
2. Indhentning af vejudformningsdata
3. Indhentning af ulykkesdata
4. Indhentning af trafikdata
5. Kategoribaseret analyse af risiko.

### 4.2

## Identificering af potentielle analyse-rundkørsler

Der er foretaget en screening af det statslige vejnet i byområder og af det kommunale vejnet i større byer i 80 udvalgte kommuner for at finde potentielle rundkørsler i byområder. Kommunerne er valgt som de kommuner, hvor det er vurderet, at der er størst sandsynligvis for at finde byrundkørsler. Der er identificeret byrundkørsler i 73 af kommunerne.

Kommune	Antal	Kommune	Antal	Kommune	Antal	Kommune	Antal
Aabenraa	1	Haderslev	2	Køge	23	Silkeborg	5
Allerød	10	Halsnæs	1	Lejre	3	Skanderborg	10
Assens	6	Hedensted	6	Lolland	1	Skive	5
Billund	9	Helsingør	5	Mariagerfjord	3	Slagelse	14
Bornholm	9	Herning	5	Middelfart	5	Stevns	2
Brønderslev	4	Hillerød	3	Morsø	1	Syddjurs	1
Egedal	13	Hjørring	15	Norddjurs	2	Svendborg	7
Esbjerg	20	Holbæk	6	Næstved	11	Thisted	5
Faaborg-Midtfyn	13	Holstebro	4	Odder	2	Tønder	2
Favrskov	18	Horsens	12	Odense	21	Tårnby	2
Faxe	2	Hvidovre	1	Odsherred	4	Varde	3
Fredensborg	7	Hørsholm	1	Randers	12	Vejen	1
Fredericia	4	Ikast-Brande	7	Rebild	4	Vejle	8
Frederiksberg	5	Jammerbugt	6	Ringkøbing-Skjern	7	Vesthimmerland	5
Frederikshavn	10	Kalundborg	5	Ringsted	3	Viborg	16
Frederikssund	12	Kerteminde	3	Roskilde	18	Vordingborg	4
Furesø	6	Kolding	4	Rudersdal	7	Aalborg	19
Glostrup	3	København	9	Rødovre	8	Aarhus	21
Gribskov	7					<b>I alt</b>	<b>519</b>

Tabel 17. De 73 kommuner som er inkluderet i udpegning af 519 rundkørsler, samt hvor mange rundkørsler der indgår fra hver kommune – inkl. rundkørsler beliggende på statsveje. Kommunerne er listet i alfabetisk rækkefølge.

Screeningen tager udgangspunkt i eget lokalkendskab til vejnettet i byerne opnået fra bl.a. tidligere projekter, og er gjort ved at "køre" vejnettet igennem via luftfotos og streetview. Rundkørsler er som følge af deres udformning relativt lette at spotte på denne måde. Dette har vist sig som en effektiv måde at identificere rundkørslerne på. Tabel 17 viser hvilke kommuner, som indgår og hvor mange byrundkørsler, der er inkluderet fra hver kommune.

Der er i alt blevet identificeret 519 byrundkørsler. Nogle af rundkørslerne er blevet ombygget i analyseperioden, og disse er derfor inkluderet i analysen som flere unikke analyseenheder. Det kan f.eks. være, at der er blevet etableret cykelsti, cykelbane eller farvet cykelbane. Vi har derfor i alt 564 analyse-rundkørsler. 47 af rundkørslerne findes på det statslige vejnet. Der er medtaget flest byrundkørsler fra Køge, Odense, Aarhus, Esbjerg, Aalborg og Roskilde, hvorfra der er medtaget 18-23 rundkørsler fra hver kommune. I hver af kommunerne Aabenraa, Halsnæs, Hvidovre, Hørsholm, Lolland, Morsø, Syddjurs og Vejen er der kun fundet en byrundkørsel.

## 4.3

### Indhentning af vejudformningsdata

Data om krydsudformning og -regulering er fundet via nuværende og historiske luftfotos og streetview tilgængelig via Google Maps, ortofoto fra Danmarks miljøportal samt vejman.dk. Dette har vist sig at være en effektiv og pålidelig metode til at indsamle relevant data om udformning og regulering. Her har det samtidigt været muligt at vurdere, hvornår rundkørslen er bygget/ombygget og dermed hvor lang ulykkesperiode, der maksimalt kan bruges; herunder også om rundkørslen er yngre end tre år og dermed for ny til at kunne blive inkluderet i analysen. I tvivlstilfælde er kontaktpersoner i kommunerne blevet bedt om at bekræfte eller evt. justere ombygningstidspunkt og data om udformningen. Der er både indsamlet data om cirkulationsarealet og tilfarterne, se tabel 18.

Det er selve rundkørslen, som er analyseenheden, og ikke vejgrenene. Vejgrenene kan godt have forskellige udformninger, og her angives således kun en samlet "værdi" for dette, som f.eks. hvor mange vejgrene, der har cykelfaciliteter eller det samlede antal helleanlæg.

Rundkørslen / cirkulationsarealet	Tilfarterne
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tidspunkt for etablering/ombygning (årstal)</li> <li>• Type (2-sporet, 1-sporet, mini)</li> <li>• Antal vejgrene</li> <li>• Antal vinkelrette vejgrene</li> <li>• Antal cirkulationsspor</li> <li>• Hastighedsgrænse (km/t)</li> <li>• Højde midterø (m)</li> <li>• Frit gennemsyn (ja/nej)</li> <li>• Diameter midterø (m)</li> <li>• Overkørselsareal (bredde)</li> <li>• Overkørselsareal (belægning)</li> <li>• Overkørselsareal (afgrænsning mod cirkulationsareal)</li> <li>• Cirkulationsareal (bredde)</li> <li>• Cirkulationsareal (belægning)</li> <li>• Stitype i cirkulationsareal (ingen, cykelsti eller -bane, tilbagetrukket sti, niveaufri krydsning)</li> <li>• Farvet cykelfelt (ja/nej)</li> <li>• Fortov (ja/nej)</li> <li>• Evt. bredde cykelsti/-bane (inkl. afmærkning)</li> <li>• Vejbelysning (ja/nej)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antal tilfartsspor</li> <li>• Antal frafartsspor</li> <li>• Antal fodgængerfelter</li> <li>• Til-/frafart (ingen, cykelsti eller -bane)</li> <li>• Antal tilfarter med cykelfaciliteter</li> <li>• Hævet flade / Hævet overkørsel</li> <li>• Udmunder der dobbeltrettet sti(er) i rundkørslen (ja/nej)</li> <li>• Helleudformning (ingen, spærreflade, helle)</li> <li>• Antal heller</li> </ul>

Tabel 18. Krydsudformning og reguleringsdata som er inkluderet i dataindsamlingen.

Tabel 19 angiver fordelingen af de 564 analyse-rundkørsler på udvalgte udformninger. Over 80 % af rundkørslerne er 1-sporede rundkørsler, mens 16 % og 2 % er hhv. minirundkørsler og 2-sporede rundkørsler.

Cykelfaciliteter i rundkørslen	Antal	Cykelfaciliteter i tilfarterne	Antal	Type	Antal
Ingen cykelfaciliteter	79	Ingen cykelfaciliteter	151	Mini	92
Cykelbane	201	Cykelbane	42	1-sporet	457
Hel/delvis farvet cykelbane	76	Cykelsti	305	2-sporet	13
Cykelsti	83	Tilbagetrukket cykelsti	58		
Hel/delvis farvet cykelsti	57	Niveaufri krydsning	8		
Tilbagetrukket cykelsti	58				
Niveaufri krydsning	8				

Tabel 19. De 564 rundkørsler fordelt på udformning.

Den mest hyppige udformning af cykelfaciliteter i rundkørslerne er ikke farvet cykelbane (36 %), efterfulgt af cykelsti (15 %) og ingen faciliteter (14 %). I 277 rundkørsler (49 %) er der cykelbane med eller uden farve, og i 140 rundkørsler (25 %) er der cykelsti i rundkørslen med eller uden farve. Tilbagetrukket cykelsti findes i 10 % af rundkørslerne. Der er kun meget få byrundkørsler med niveaufri krydsning (1 %).

De fleste rundkørsler har primært cykelsti i tilfarten (54 %), mens 27 % ikke har cykelfaciliteter i tilfarterne. 7 % har cykelbane i tilfarten.

#### 4.4

### Indhentning af ulykkesdata

Sikkerhedsvurderingen baseres udelukkende på data om politiregistrerede trafikulykker. Oplysningerne om de politiregistrerede ulykker, der indgår i analysen, er hentet via Vejdirektoratets vejman.dk-database, som indeholder alle politiregistrerede ulykker fra hele landet. Ulykkerne er hentet via kort, hvormed ulykker stedfæstet i både selve rundkørslen og på tilfarterne og frafarterne er inkluderet. Samtidig er det ud fra uheldssituation og beskrivelse vurderet, om ulykker tæt på rundkørslen (op til 50 m) har noget med rundkørslen at gøre. Uheldet har f.eks. ikke noget med rundkørslen at gøre, hvis det er sket i forbindelse med en nærliggende indkørsel.

Det er udelukkende person- og materielskadeulykker, som indgår i risikoberegningerne, mens ekstraheld også er indhentet og indgår i det omfang, det har været behov for at lave ulykkesanalyse for lokaliteterne.

Alle ulykker er indhentet, dvs. både cyklist/knallert- og fodgængerulykker og ulykker med motorkøretøjer. Fokus i analyserne er dog ulykker med cyklister og knallerter (C/K-ulykker).

Den officielle statistik for cykel- og knallertulykker har erfaringsmæssigt et stort mørketal, da en del ulykker af forskellige årsager ikke kommer til politiets kendskab. Ulykkesdata fra akutmodtagelse (populært kaldet skadestuerregistreringer) er alligevel ikke medtaget i evalueringen, da de ikke findes for alle byer og ikke altid er tilstrækkeligt stedfæstet. Der er heller ikke foretaget indhentning af selvrappede ulykker eller konfliktstudier i analyse-rundkørslerne.

Der indhentes ulykker for en ulykkesperiode på op til 10 år, og minimum tre år. Nye rundkørsler, som er mindre end tre år gamle inkluderes således ikke i analyserne.

Der indgår i alt 4.946 ulykkesår i analysen, svarende til i gennemsnit ca. 8,8 år for hver af de 564 analyse-rundkørsler. I disse år er der i alt registreret 2.204 ulykker svarende til i gennemsnit 3,9 ulykker pr. analyse-rundkørsel og 0,44 ulykker pr. år pr. rundkørsel.

Tabel 20 sammenfatter fordelingen af ulykkerne på alvorlighed og involverede parter. De 2204 ulykker er fordelt på 428 personskadeulykker (19 %), 1.339 materielskadeulykker (61 %) og 437

ekstrauheld (20 %). Det er de 1.765 person- og materielskadeulykker, som indgår i selve risikoberegningerne.

Blandt person- og materielskadeulykkerne er det 1.137, som er cykel- og knallertulykker (C/K-ulykker). Det svarer til ca. 64 % af ulykkerne. Disse er fordelt på 321 personskadeulykker (28 %) og 816 materielskadeulykker (72 %). Vi kan se, at andelen af personskadeulykker er noget højere blandt cykel- og knallertulykker end blandt bilulykker (og mindre end blandt fodgængerulykkerne).

Ulykkestype	Alle Ulykker	Person- og materielskadeulykker	Personskadeulykker	Materielskadeulykker	Ekstrauheld
Cykel	1.081 (49,0 %)	977 (55,3 %)	281 (65,7 %)	696 (52,0 %)	104 (23,8 %)
Knallert	185 (8,4 %)	170 (9,6 %)	43 (10,0 %)	127 (9,5 %)	15 (3,4 %)
Cykel og knallert	1.256 (57,0 %)	1137 (64,3 %)	321 (75,0 %)	816 (60,9 %)	119 (27,2 %)
Fodgænger	122 (5,5 %)	112 (6,3 %)	51 (11,9 %)	61 (4,6 %)	10 (2,3 %)
Bil og andre	826 (37,4 %)	508 (28,7 %)	56 (13,1 %)	452 (33,8 %)	308 (70,5 %)
Alle	2.204 (100 %)	1.767 (100,0 %)	428 (100 %)	1.339 (100 %)	437 (100 %)

Tabel 20. Politiregistrerede trafikulykker i de 564 analyse-rundkørsler i ulykkesperioden som i alt omfatter 4.946 år.

Overordnet set viser ulykkestallene på den ene side, at rundkørsler udgør en særlig sikkerhedsmæssig udfordring for cyklister og knallertførere, idet andelen af cykel- og knallertulykker er høj. Blandt personskadeulykkerne er andelen således 75 %. På den anden side viser ulykkestallene, at det i absolutte tal sker relativt få cykel- og knallertulykker i rundkørslerne. I de 564 rundkørsler er der i løbet af i alt 4.946 år kun registeret 321 personskadeulykker med cykel og knallert svarende til 0,06 ulykker pr. år pr. rundkørsel. Både den høje andel og det lave absolutte tal er vigtig at huske på i de videre analyser. I tillæg er det vigtigt at huske på, at der generelt, dvs. både for rundkørsler og andre typer vejanlæg, er forbundet store mørketal ved de politiregistrerede cykel- og knallertulykker, så de reelle ulykkestal er noget større, end det angives og regnes på her.

## 4.5 Indhentning af trafikdata

Trafikdata, dvs. trafik for både bil- og cykeltrafikken og i både tilfarts-, frafarts- og cirkulationssporet er afgørende for at kunne lave en meningsfuld undersøgelse. Der er ikke foretaget egne trafiktællinger i dette projekt, men derimod er der indhentet trafiktal fra eksisterende kryds- og snittællinger, tilgængelige i enten:

- Trafikdatasystemet MASTRA
- I kommunernes egne trafiktællingsdatabaser (det er ikke alle kommunale krydstællinger som tilføjes MASTRA)
- I Via Trafiks egen trafiktællingsdatabase (Via Trafik har i forbindelse med forskellige konkrete projekter foretaget mange krydstællinger).

Der benyttes om muligt trafiktællinger, som er foretaget i den aktuelle ulykkesperiode for rundkørslen. Hvis det ikke findes trafiktællinger i ulykkesperioden, er der om muligt benyttet tællinger som findes tæt på, men udenfor ulykkesperioden. Idet der er tale om en kategoribaseret risikoberegning, hvor trafikken inddeles i større intervaller, og hvor trafikallene summeres for flere tilfarter og rundkørsler, er der i udgangspunktet ikke behov for enten at frem- eller tilbage-skrive trafiktællingerne til et bestemt tidspunkt som f.eks. midt i ulykkesperioden. Hvis tællingen ligger langt fra ulykkesperioden, og der er sket store ændringer i området, kan det være aktuelt med tilbage- eller fremskrivning.

Det er ikke for alle rundkørsler, at der er foretaget trafiktællinger. Dette gælder i særlig grad for cykeltrafikken. Her er den aktuelle kommune blevet bedt om at give en fagvurdering af størrelsen af cykel- og/eller biltrafikken. Mange kommuner har været hjælpsomme med dette, og nogen har endda foretaget trafiktællinger i de aktuelle vejgrene. For de vejgrene, der vi hverken har fundet trafiktællinger eller fået fagvurderinger fra de aktuelle kommuner, har Via Trafik selv

foretaget en vurdering. Mange af vurderingerne fra både kommuner og Via Trafik er foretaget i dialog mellem to eller flere fagpersoner. Da trafikken i analysen inddeles i intervaller eller summeres for flere tilfarter og rundkørsler, er der ikke behov for et præcist tal for trafikken, men bare hvilken størrelsesorden det har.

Vurderingen af biltrafik i tilfarter uden tællinger er baseret på lokalkendskab samt trafiktællinger i lokalområdet, dvs. i de andre tilfarter i rundkørslen samt på naboveje. Derudover er turrater for biltrafik benyttet. Ofte er det en vejgrene ind til et mindre lukket område med boliger, butikker og/eller erhverv, som der mangler tælling for, og her giver brugen af turrater et godt bud på størrelsen af trafik.

Vurderingen af cykeltrafik er vanskeligere. For det første findes der ikke på samme måde turrater, og for det andet er der ofte færre cykeltællinger i andre tilfarter og på naboveje. For at vurdere cykeltrafikken benyttes derfor også a) kendetegn ved området (er der en skole, station osv.), b) kendetegn ved vej- og stinettet (hvilke ruter forventes de cyklende at benytte), c) cykelfaciliteter i rundkørslen (er der tilrettelagt for cykling), d) cykeltrafik i sammenlignelige rundkørsler og områder samt e) sammenligning med biltrafikken (hvor stor forventes det, at andelen af cykeltrafik er i forhold til biltrafikken).

De 564 rundkørsler har i alt 2.218 tilfarter, dvs. at der i gennemsnit er ca. 3,9 vejgrene i hver rundkørsel. Idet der både skal bruges bil- og cykeltrafiktal, er der behov for 4.436 trafiktal i denne undersøgelse. I tabel 21 er det sammenfattet, hvordan disse trafiktal er fremskaffet. For biltrafikken er der fundet tælledata for næsten 80 % af tilfarterne. Kommunerne har vurderet biltrafikken for 6 %, og Via Trafik har vurderet det for de resterende 15 %. For cykeltrafik er der kun foretaget tællinger i mindre end en tredjedel af tilfarterne, men her har kommunerne været meget hjælpsomme og vurderet størrelse i ligeledes ca. en tredjedel af tilfarterne. Via Trafik har foretaget vurdering for den sidste ca. tredjedel.

	Biltrafik	Cykeltrafik	I alt
<b>Tælling</b>	1.747 (79 %)	611 (28 %)	2.358 (53 %)
<b>Kommune vurdering</b>	133 (6 %)	770 (35 %)	903 (20 %)
<b>Via Trafik vurdering</b>	338 (15 %)	837 (38 %)	1.175 (26 %)
<b>I alt</b>	2.218 (100 %)	2.218 (100 %)	4.436 (100 %)

Tabel 21. Fordeling af tællinger og faglige vurderinger af trafiktal for hhv. bil- og cykeltrafik.

Bil- og cykeltrafikken er i udgangspunktet blevet inddelt i intervallerne angivet i tabel 22. Valget af intervaller er en balance mellem at få 1) så mange kategorier som muligt, 2) så mange som muligt eller som minimum tilstrækkelig antal rundkørsler i hver kategori (gerne minimum 5-10 rundkørsler), og 3) kategorier med signifikant betydning for sikkerheden.

	Biltrafik	Cykeltrafik
<b>Meget lav</b>	0-2.500 (12 %)	-
<b>Lav</b>	2.501-5.000 (27 %)	0-250 (54 %)
<b>Mellem</b>	5.001-10.000 (36 %)	251-500 (23 %)
<b>Høj</b>	10.001-20.000 (23 %)	Over 500 (23 %)
<b>Meget høj</b>	Over 20.000 (1 %)	-

Tabel 22. Inddeling af tilfarter i forskellige trafikintervaller (hhv. indkørende biler og cykler). Parentes angiver andelen af tilfarter, som findes i hvert trafikinterval.

Som det fremgår af tabellen har ca. 40 % af tilfarterne under 5.000 indkørende biler pr. døgn, mens ca. 60 % har over 5.000 indkørende biler pr. døgn. For cykeltrafik ses, at lidt over halvdelen af tilfarterne har under 250 indkørende cykler pr. døgn, mens lidt under halvdelen har over 250 indkørende cykler pr. døgn. Hvis tilfarterne inddeles yderligere mht. cykeltrafik, gælder det, at der 15 %, 7 % og 1 %, som har hhv. 501-1.000, 1.001-2.500 og over 2.500 indkørende cykler pr. døgn.

En særlig udfordring ved inddelingen i trafikintervaller er, at vi både skal opdele i henhold til bil- og cykeltrafik og ikke kun biltrafik, som det ofte er gjort i tidligere undersøgelser. Den viste opdeling vil således alene kunne give op til  $5 \cdot 3 = 15$  kategorier.

## 4.6 Kategoribaseret analyse af risiko

For alle de fundne byrundkørsler er indhentede data om krydsudformning og -regulering, ulykker og trafiktal noteret i et Excel regneark, hvor der er en række med data for hver rundkørsel.

Baseret på alle de indhentede data analyseres sammenhængen mellem ulykker og de forskellige vejudformnings- og reguleringsparametre ved forskellig bil- og cykeltrafikmængde og -sammensætning. Vejudformning og trafik er inddelt i forskellige kategorier/intervaller, som analyseres hver for sig. Selve inddelingen er en del af analysen. Her forsøges der med forskellige inddelinger for både at få tilstrækkelig store kategorier, og kategorier som har betydelig betydning for sikkerheden for cyklisterne.

Resultaterne af ulykkesanalyserne sammenlignes afslutningsvis med resultaterne fra litteraturstudiet. Disse to delundersøgelser vil give svar på, hvordan byrundkørslerne med fordel kan bygges ud fra et cykeltrafiksikkerhedsmæssigt synspunkt.

## 4.7 Disposition og gennemgang af resultater

Det omfattende datamateriale om udformning, trafik og ulykker for mange rundkørsler giver mulighed for uendeligt mange kategorier og analyser, og gennemgangen af de mange analyser kan gøres på mange forskellige måder.

Vi har valgt indledningsvis at gennemgå hver af de tre typer af rundkørsler; mini-, 1-sporede og 2-sporede, hver for sig i hvert sit kapitel. Tanken er her, at det ofte er givet på forhånd, hvilken type rundkørsel der findes eller skal bygges, og at opgaven er at få denne type rundkørsel udformet på den mest hensigtsmæssige måde under givne forudsætninger om trafik, antal tilfarter, plads mm. For de tre typer af rundkørsler foretages en analyse af betydning af:

- Bil- og cykeltrafik
- Cykelfaciliteter i rundkørslen og på til- og frafarter
- Detailudformning som antal vejgrene og kørespor og udformning af midterø
- Relevante kombinationer af de tre forrige.

Efterfølgende analyseres rundkørslerne på tværs af type med særlig fokus på mini-, og 1-sporede rundkørsler. Det vil her blive analyseret, hvilken type rundkørsel, som er mest/mindst trafiksikker at vælge under forskellige forudsætninger, hvis det på forhånd ikke er givet, at der skal laves en mini- eller en 1-sporet rundkørsel.

Der er foretaget utallige analyser af dataene "på kryds og tværs". Det er kun de mest relevante resultater, som er gengivet i nærværende rapport.

Når lokaliteterne inddeles i mindre grupper, bliver nogle grupper hurtigt meget små. Resultaterne for sådanne små grupper er usikre og skal tages med forbehold. I tabellerne er resultaterne for sådanne små grupper medtaget for at få en systematisk og fuldstændig gennemgang. Usikre resultater baseret på fem eller færre lokaliteter er dog markeret med parentes.

## 5 Resultater for minirundkørsler

Dette kapitel beskriver de vigtigste resultater for minirundkørslerne. Udgangspunktet er her, at der findes eller skal anlægges en minirundkørsel. Dette kapitel bidrager således til at besvare spørgsmålet om, hvordan en minirundkørsel skal udformes på en mest mulig trafiksikker måde for de cyklende, når det på forhånd er givet, at det er en minirundkørsel, som skal etableres. Cykel- og knallertulykker skrives i gennemgangen som C/K-ulykker.

### 5.1 Overordnet risiko

Der indgår i alt 92 minirundkørsler i undersøgelsen, og 816 ulykkesår, dvs. en gennemsnitlig 8,9 års ulykkesperiode for hver lokalitet. Der er i alt registreret 229 ulykker inkl. ekstrauheld, hvilket i gennemsnit vil sige 2,5 ulykker pr. rundkørsel og 0,28 ulykker pr. ulykkesår, se tabel 23. De 229 ulykker er fordelt på 194 person- og materielskadeulykker (85 %) og 35 ekstrauheld. Af de 194 person- og materielskadeulykker er 124 (64 %) C/K-ulykker. Dvs. at der i gennemsnit er 0,15 C/K-ulykker pr. år pr. lokalitet.

Alle Ulykker	Ulykker pr. år	Ulykker pr. mio. biler	P/M-ulykker	P/M-ulykker pr. år	P/M-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler
229	0,28	0,17	194	0,24	0,14	124	0,15	0,09	1,20

Tabel 23. Antal ulykker af forskellige alvorlighed og type i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler for 92 minirundkørsler og 816 ulykkesår.

Den gennemsnitlige ulykkesrisiko er hhv. 0,14 person- og materielskadeulykker og 0,09 C/K-ulykker pr. mio. indkørende biler. Regnes ulykkesrisikoen derimod i forhold til indkørende cykler har minirundkørslerne i gennemsnit 1,2 C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler.

### 5.2 Betydning af bil- og cykeltrafikmængder

I det følgende er betydningen af både bil- og cykeltrafik på ulykkesrisikoen undersøgt. Dette er i udgangspunktet gjort ved at inddele biltrafikken i hhv. under og over 5.000 indkørende biler, og cykeltrafikken i hhv. under og over 250 indkørende cykler.

#### 5.2.1 Biltrafik

I tabel 24 er rundkørslerne inddelt i fire kategorier med forskellig bil- og cykeltrafik. Umiddelbart ser det ud til, at mængden af biltrafik øger risikoen for C/K-ulykker. Højest risiko for C/K-ulykker regnet i forhold til indkørende cykler findes således, når der er størst biltrafik, især når der samtidig er lidt cykeltrafik. Når der er over 5.000 indkørende biler og under 250 indkørende cykler er ulykkesrisikoen således 2,69 C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler.

Indkørende trafik (pr. døgn)	Antal lokaliteter	P/M-ulykker	P/M-ulykker pr. år	P/M-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler
< 5.000 biler < 250 cykler	43	38	0,10	0,09	14	0,04	0,03	0,96
< 5.000 biler > 250 cykler	16	32	0,23	0,19	24	0,17	0,14	0,48
> 5.000 biler < 250 cykler	12	27	0,25	0,10	17	0,16	0,06	2,69
> 5.000 biler > 250 cykler	21	97	0,54	0,18	69	0,39	0,13	2,09
Gns. / i alt	92	194	0,24	0,14	124	0,15	0,09	1,20

Tabel 24. Antal ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler for 92 minirundkørsler og 816 ulykkesår fordelt på trafikintervaller.



### 5.2.2

## Cykeltrafik

Samtidig ses det, at risikoen for C/K-ulykker falder, når der er mange cyklister. Dette gælder både ved lidt og meget biltrafik. Dette er ikke overraskende, og kan forklares med "Safety in Numbers" fænomenet, som generet siger, at ulykkesrisikoen for cyklister falder, jo flere cyklister der er. Den lavest risiko findes med andre ord, når der er lidt biltrafik (under 5.000 biler pr. døgn) og høj cykeltrafik (over 250 cykler pr. døgn). Her er risikoen 0,48 C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler.

Ser man på C/K-ulykker pr. indkørende cykler, skal man således være påpasselig med at anlægge en minirundkørsel, når der er meget biltrafik, især hvis der samtidig er lidt cykeltrafik. Løsningen synes derimod mere velegnet, når der er lidt biltrafik, især hvis der samtidig er meget cykeltrafik.

Men hvor meget cykeltrafik skal der til for at give et acceptabelt risikoniveau for cyklende i minirundkørsler, når der er meget biltrafik (over 5.000 indkørende biler pr. døgn)? Det kan altid drøftes, hvad der er et acceptabelt niveau, men hvis der er over 375 og 500 indkørende cyklister pr. døgn bliver den gennemsnitlige ulykkesrisiko reduceret til hhv. 1,39 og 1,16 C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler. Det vil sige, at ved 500 cyklister kommer vi under den gennemsnitlige ulykkesrisiko for minirundkørsler på 1,20 C/K-ulykke pr. mio. indkørende cyklister. Estimerterne er baseret på hhv. 16 og fem lokaliteter, og især det sidste estimat skal dermed tages med forbehold.

Meget cykeltrafik vil også i minirundkørsler med lidt biltrafik (under 5.000 indkørende biler pr. døgn) give endnu lavere ulykkesrisiko. Hvis der f.eks. er over 500 indkørende cyklister pr. døgn, hvilket er tilfældet i 10 minirundkørsler, vil den gennemsnitlige ulykkesrisikoen komme ned på 0,38 C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler.

### 5.2.3

## Trafik pr. vejgren

Om der er meget eller lidt bil- og/eller cykeltrafik vil i større eller mindre grad hænge sammen med antallet af vejgrene i rundkørslen, og noget af forskellen i risiko mellem minirundkørsler med meget og lidt trafik kan således også i nogen grad hænge sammen med evt. forskellig risiko i rundkørsler med forskellig antal vejgrene. Vi har derfor også analyseret sammenhængen mellem ulykkesrisiko og trafikmængde, når det er trafikmængde pr. vejgren fremfor den samlede indkørende trafik som analyseres. Her er trafikken f.eks. opdelt i over/under 1.000 indkørende biler pr. døgn pr. vejgren og over/under 50 indkørende cykler pr. døgn pr. vejgren. Risikotallene ligner de ovenover beskrevne risikotal, og denne analyse giver således ikke anledning til andre konklusioner. Når der er under 1.000 indkørende biler pr. vejgren pr. døgn, er den gennemsnitlige ulykkesrisiko f.eks. 0,92 og 0,61 C/K-ulykker pr. mio. indkørende cyklister, når der er hhv. under og over 50 cykler pr. vejgren pr. døgn.

## 5-3

## Betydning af cykelfaciliteter

I det følgende er de 92 minirundkørsler analyseret med udgangspunkt i hvilken cykelfacilitet, der er etableret i selve rundkørslen, dvs. de cykelfaciliteter, der skal benyttes ved cirkulation i rundkørslen.

### 5.3.1

## Cykelbaner og cykelsti

Analysen viser, at 40 af de 92 minirundkørsler ikke har cykelfaciliteter i rundkørslen, mens 45 rundkørsler er anlagt med cykelbane i cirkulationsarealet. I fem minirundkørsler er der etableret en kantstensafgrænset cykelsti, mens der i de resterende to er etableret en tilbagetrukket cykelsti, hvor cyklisternes krydsning af de tilstødende veje sker et stykke væk fra rundkørslen.

Som det ses i tabel 25, så har minirundkørsler anlagt med cykelbane den højeste ulykkesrisiko med 1,84 registrerede C/K-ulykker pr. mio. indkørende cyklister. Herefter følger minirundkørsler med cykelsti med en ulykkesrisiko på 1,73. Dette estimat er dog baseret på kun fem rundkørsler med i alt otte C/K-ulykker, og skal derfor tages med forbehold. Minirundkørsler med separat

cykelsti fremstår også med en relativ høj ulykkesrisiko på 1,74. Dette dækker dog over kun to lokaliteter med kun én C/K-ulykke tilsammen. Dette estimat er meget usikkert og kan derfor ikke inddrages i konklusionen. Kombination af minirundkørsel og separat cykelsti er samtidig en atypisk løsning, der ikke ses ret mange steder.

Cykelfaciliteter	Antal lokaliteter	P/M-ulykker	P/M-ulykker pr. år	P/M-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler
Ingen cykelfaciliteter	40	73	0,20	0,16	45	0,12	0,10	<b>0,74</b>
Cykelbane	45	102	0,26	0,13	70	0,18	0,09	<b>1,84</b>
Cykelsti	5	14	(0,41)	(0,14)	8	(0,24)	(0,08)	<b>(1,73)</b>
Separat cykelsti	2	5	(0,25)	(0,31)	1	(0,05)	(0,06)	<b>(1,74)</b>
Niveaufri skæring	0	-	-	-	-	-	-	-
<b>I alt / Gns.</b>	<b>92</b>	<b>194</b>	<b>0,24</b>	<b>0,14</b>	<b>124</b>	<b>0,15</b>	<b>0,09</b>	<b>1,20</b>

Tabel 25. Antal ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler fordelt på cykelfaciliteter i 92 minirundkørsler. Parentes angiver estimater, som er baseret på få lokaliteter, og som derfor kan være usikre og skal bruges med varsomhed.

Minirundkørsler uden nogen cykelfaciliteter i rundkørslen ser umiddelbart ud til at klare sig bedst med 0,74 C/K-ulykker pr. mio. indkørende cyklister. Samtidig er det samlede antal person- og materielskadeulykker 0,16 ulykker pr. mio. indkørende biler, hvilket svarer nogenlunde til niveauet ved de øvrige cykelfaciliteter.

### 5.3.2

#### Cykelfacilitet og trafik

I det følgende er cykelfaciliteter (ingen cykelfaciliteter og cykelbane) kombineret med trafikmængder for biler og cykler. Her bliver flere af kategorier relativ små og selve værdierne skal således tages med forbehold. Der synes dog at være nogle tendenser.

Når antallet af ulykker i minirundkørsler uden cykelfaciliteter i rundkørslen kombineres med trafik, ses den laveste C/K-ulykkesrisiko, når der er få indkørende biler og mange indkørende cykler. Ved at opdele trafikmængderne ved hhv. 5.000 indkørende biler og 250 indkørende cykler pr. døgn ses den laveste C/K-ulykkesrisiko ved en kombination af færre end 5.000 biler og flere end 250 cykler pr. døgn. Denne kombination har 0,53 registrerede C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler. Omvendt har denne kombination den højeste ulykkesrisiko, hvis det opgøres pr. mio. indkørende biler, se tabel 26.

Indkørende trafik (pr. døgn)	Antal lokaliteter	P/M-ulykker	P/M-ulykker pr. år	P/M-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler
< 5.000 biler < 250 cykler	22	24	0,11	0,11	10	0,05	0,05	<b>1,22</b>
< 5.000 biler > 250 cykler	11	30	0,31	0,26	22	0,23	0,19	<b>0,53</b>
> 5.000 biler < 250 cykler	3	8	(0,32)	(0,13)	5	(0,20)	(0,08)	<b>(4,43)</b>
> 5.000 biler > 250 cykler	4	11	(0,31)	(0,14)	8	(0,22)	(0,10)	<b>(0,84)</b>

Tabel 26. Antal ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler fordelt på trafik i de 40 minirundkørsler uden cykelfaciliteter. Parentes angiver estimater, som er baseret på få lokaliteter, og som derfor kan være usikre og skal bruges med varsomhed.

For minirundkørsler med cykelbaner er billedet mere klart. Her er tendensen, at når antallet af biler stiger til over 5.000 indkørende biler pr. døgn, sker der en markant stigning i antallet af C/K-ulykker. Ved færre end 5.000 biler, er der registreret 0,24-0,54 C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler, afhængigt af om der er flere eller færre end 250 cyklister pr. døgn. Ved flere end 5.000 biler er der registreret 2,38-2,77 ulykker pr. mio. indkørende cykler, se tabel 27.

Indkørende trafik (pr. døgn)	Antal lokaliteter	P/M-ulykker	P/M-ulykker pr. år	P/M-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler
< 5.000 biler < 250 cykler	18	8	0,06	0,05	3	0,02	0,02	<b>0,54</b>
< 5.000 biler > 250 cykler	5	2	(0,04)	(0,03)	2	(0,04)	(0,03)	<b>(0,24)</b>
> 5.000 biler < 250 cykler	8	19	0,24	0,09	12	0,15	0,06	<b>2,38</b>
> 5.000 biler > 250 cykler	14	73	0,60	0,20	53	0,44	0,15	<b>2,77</b>

Tabel 27. Antal ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler fordelt på trafik i de 45 minirundkørsler med cykelbane. Parentes angiver estimater, som er baseret på få lokaliteter, og som derfor kan være usikre og skal bruges med varsomhed.

### 5-3-3

#### Farvede cykelfaciliteter

I forlængelse af tabel 25, hvor minirundkørslerne er opdelt på forskellige typer cykelfaciliteter, er der foretaget en yderligere opdeling af rundkørslerne med cykelbane eller -sti afhængigt af, om de er farvede eller ej. Der skelnes ikke mellem helt eller delvist farvede cykelbaner og -stier (dvs. om hele cykelbanen er farvet eller kun ud for sidevejstilslutningerne). Bemærk, at nogle af disse rundkørsler måske netop har fået farvet cykelinfrastruktur, fordi de har haft mange C/K-ulykker.

Tabel 28 viser en oversigt for ulykkesrisiko ved forskellige typer cykelfaciliteter i minirundkørsler. Det ses, at cykelbaner – og særligt helt eller delvist farvede cykelbaner – har flere C/K-ulykker end minirundkørsler uden cykelfaciliteter med hhv. 1,42 og 2,07 ulykker pr. mio. indkørende cyklister. Der er for få minirundkørsler med cykelsti med/uden farve til at konkludere noget om effekten af at lave farvet cykelsti.

Cykelfaciliteter	Antal lokaliteter	P/M-ulykker	P/M-ulykker pr. år	P/M-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler
Ingen cykelfaciliteter	40	73	0,20	0,16	45	0,12	0,10	<b>0,74</b>
Cykelbane uden farve	24	30	0,16	0,10	19	0,10	0,06	<b>1,42</b>
Hel eller delvis farvet cykelbane	21	72	0,36	0,14	51	0,26	0,10	<b>2,07</b>
Cykelsti uden farve	3	3	(0,14)	(0,07)	0	(0,00)	(0,00)	<b>(0,00)</b>
Hel eller delvis farvet cykelsti	2	11	(0,92)	(0,19)	8	(0,67)	(0,14)	<b>(3,18)</b>
I alt / Gns.	<b>90</b>	<b>189</b>	<b>0,24</b>	<b>0,14</b>	<b>123</b>	<b>0,15</b>	<b>0,09</b>	<b>1,19</b>

Tabel 28. Antal ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler fordelt på cykelfaciliteter i 90 minirundkørsler. Parentes angiver estimater, som er baseret på få lokaliteter, og som derfor kan være usikre og skal bruges med varsomhed.

### 5-3-4

#### Bredde af cykelfacilitet

Bredden af minirundkørslernes cykelfaciliteter er målt ud fra luftfoto. Tallene viser ikke noget entydigt sammenhæng mellem ulykkesrisiko og cykelfaciliteternes bredde. I tabel 29 er tallene for cykelstier og -baner samlet, men heller ikke ved yderligere at opdele i disse to kategorier, viser der sig nogen sammenhæng.

I minirundkørsler med cykelsti- eller banebredder på 1,5-1,9 m er der registreret 2,19 C/K-ulykker pr. mio. indkørende cyklister. Ved bredder på 2,0-2,4 m er risikoen beregnet til 1,71, mens den er 2,36 ved bredder på 2,5-2,9 m. Der er ikke registreret nogen C/K-ulykker i de minirundkørsler, hvor cykelfaciliteten har en bredde på 1,0-1,4 m, men der er kun tale om fire lokaliteter (alle med cykelbane), hvorfor dette kan være tilfældigt.

Bredde af cykelfaciliteter	Antal lokaliteter	P/M-ulykker	P/M-ulykker pr. år	P/M-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler
Ingen cykelfaciliteter	40	73	0,20	0,16	45	0,12	0,10	<b>0,74</b>
Cykelsti/-bane 1,0 - 1,4 m	4	2	(0,06)	(0,05)	0	(0,00)	(0,00)	<b>(0,00)</b>
Cykelsti/-bane 1,5 - 1,9 m	24	52	0,28	0,13	40	0,22	0,10	<b>2,19</b>
Cykelsti/-bane 2,0 - 2,4 m	16	43	0,29	0,12	28	0,19	0,08	<b>1,71</b>
Cykelsti/-bane 2,5 - 2,9 m	6	19	0,33	0,19	10	0,17	0,10	<b>2,36</b>
<b>I alt / Gns.</b>	<b>90</b>	<b>189</b>	<b>0,24</b>	<b>0,14</b>	<b>123</b>	<b>0,15</b>	<b>0,09</b>	<b>1,19</b>

Tabel 29. Antal ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler fordelt på bredde af cykelfaciliteter i 90 minirundkørsler. Parentes angiver estimater, som er baseret på få lokaliteter, og som derfor kan være usikre og skal bruges med varsomhed.

### 5-3-5 Andel vejgrene med cykelfaciliteter

For minirundkørsler uden cykelfaciliteter eller med etableret cykelsti eller -bane er det undersøgt, om der findes cykelfaciliteter (cykelstier, cykelbaner eller kantbaner) på de tilstødende veje. I opgørelsen er der også medtaget cykelfaciliteter, der blot er etableret på de sidste 10-20 m før en rundkørsel, som evt. er med til at skabe sammenhæng mellem cykelfaciliteterne i rundkørslen og på de tilstødende veje.

Andel tilstødende veje med cykelfaciliteter	Antal lokaliteter	P/M-ulykker	P/M-ulykker pr. år	P/M-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler
0% (ingen)	50	82	0,17	0,14	48	0,10	0,08	<b>0,70</b>
25-40% af vejene	3	4	(0,18)	(0,11)	4	(0,18)	(0,11)	<b>(0,99)</b>
50-67% af vejene	15	26	0,18	0,08	16	0,11	0,05	<b>1,01</b>
75-80% af vejene	3	12	(0,40)	(0,15)	5	(0,17)	(0,06)	<b>(1,67)</b>
100% (alle veje)	14	65	0,59	0,21	50	0,45	0,16	<b>4,15</b>
<b>I alt / Gns.</b>	<b>90</b>	<b>189</b>	<b>0,24</b>	<b>0,14</b>	<b>123</b>	<b>0,15</b>	<b>0,09</b>	<b>1,19</b>

Tabel 30. Antal ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler fordelt på andel cykelfaciliteter på tilstødende veje i minirundkørslerne. Parentes angiver estimater, som er baseret på få lokaliteter, og som derfor kan være usikre og skal bruges med varsomhed.

Tabel 30 viser overordnet, at jo flere vejgrene, der har cykelfaciliteter, desto flere ulykker sker der. Det ser således umiddelbart ud til, at det trafikikkerhedsmæssigt er en dårlig idé at etablere cykelfaciliteter på de tilstødende veje. Når der dykkes lidt dybere ned i tallene, finder vi imidlertid, at der i otte ud af de 14 minirundkørsler med cykelfaciliteter på alle vejgrene er etableret en farvet cykelbane eller -sti, som er påvist at øge risikoen for C/K-ulykker i minirundkørsler. Det er derfor valgt at kontrollere for dette ved at lave en lignende opgørelse kun for de minirundkørsler, der har en ikke-farvet cykelbane inde i rundkørslen. Dette er tilfældet i 24 minirundkørsler.

Tabel 31 viser, at der alligevel ses en tendens til, at jo flere vejgrene, hvorpå der er etableret cykelfaciliteter, desto flere C/K-ulykker er der registreret. I minirundkørsler med ikke-farvede cykelbaner og uden cykelfaciliteter på de tilstødende veje er der registreret 0,58 C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler, mens C/K-risikoen i rundkørsler med cykelfaciliteter på en eller flere vejgrene er i størrelsesordenen 1,6-2,3.

Andel tilstødende veje med cykelfaciliteter	Antal lokaliteter	P/M-ulykker	P/M-ulykker pr. år	P/M-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler
0% (ingen)	11	7	0,08	0,09	3	0,04	0,04	0,58
25-40% af vejene	1	2	(0,20)	(0,15)	2	(0,20)	(0,15)	(1,59)
50-67% af vejene	5	9	(0,18)	(0,07)	6	(0,12)	(0,05)	(1,86)
75-80% af vejene	2	4	(0,20)	(0,10)	3	(0,15)	(0,08)	(1,91)
100% (alle veje)	5	8	(0,32)	(0,16)	5	(0,20)	(0,10)	(2,29)
<b>I alt / Gns.</b>	<b>24</b>	<b>30</b>	<b>0,16</b>	<b>0,10</b>	<b>19</b>	<b>0,10</b>	<b>0,06</b>	<b>1,42</b>

Tabel 31. Antal ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler fordelt på andelen af cykelfaciliteter på de tilstødende veje i 24 minirundkørsler med ikke-farvede cykelbaner inde i selve rundkørslen. Parentes angiver estimer, som er baseret på få lokaliteter, og som derfor kan være usikre og skal bruges med varsomhed.

## 5.4 Betydning af detailudformning og -regulering

I det følgende analyseres betydningen af forskellige detaljeudformninger og -reguleringer på sikkerheden for cyklisterne. Bemærk, at enkeltelementer ofte hænger sammen med andre elementer, og de andre elementer kan således være den primære, men underliggende, forklaring på f.eks. høj eller lav C/K-ulykkesrisiko. Dette er vigtigt at have sig for øje i gennemgangen af analyseresultaterne.

### 5.4.1 Hastighedsgrænse

87 af de 92 minirundkørsler (95 %) har en hastighedsgrænse på 50 km/t, mens kun fem rundkørsler har en hastighedsgrænse på 40-45 km/t. I det der er så få lokaliteter med en anden hastighedsgrænse end 50 km/t, er det ikke muligt at analysere og konkludere noget om sammenhængen mellem hastighedsgrænse og ulykkesrisiko i minirundkørsler.

### 5.4.2 Antal vejgrene

Ca. 2/3 af rundkørslerne har fire vejgrene, og ca. 1/3 har tre vejgrene. Der er kun én rundkørsel, som har fem vejgrene. De trebenede rundkørsler har i gennemsnit 0,20 person- og materielskadeulykker, og 0,12 C/K-ulykker pr. år, mens de tilsvarende tal for firbenede rundkørsler er lidt højere, nemlig hhv. 0,26 og 0,17.

De firbenede rundkørsler har generelt mere cykeltrafik, og ulykkesrisikoen er derfor en smule lavere for disse end for de trebenede rundkørsler. Tallene er hhv. 1,17 og 1,27 C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler. Modsat er ulykkesrisikoen for C/K-ulykker højere for firbenede end trebenede rundkørsler, når risikoen regnes i forhold til indkørende biler. Tallene er her 0,11 og 0,06 C/K-ulykker pr. mio. indkørende biler. Risikoen for ulykker generelt (person- og materielskadeulykker pr. mio. indkørende biler) er også højere i firbenede end trebenede rundkørsler. Tallene er hhv. 0,16 og 0,10.

### 5.4.3 Tilslutningsvinkel

I tabel 32 er ulykkesrisikoen angivet for minirundkørsler fordelt på "andel gode vejgrene". "Gode vejgrene" er vejgrene, hvor vinklen er ca. 90 grader i forhold til de nærliggende vejgrene. Mens "ikke gode vejgrene" eller "skæve vejgrene" har spids og stum vinkel til de andre vejgrene. Det ses, at rundkørsler med 0-1 skæve vejgrene har lavest ulykkesrisiko for cyklister, mens rundkørsler med to skæve vejgrene har højest ulykkesrisiko.

At have to skæve vejgrene er således noget, der så vidt muligt bør undgås. Det skal dog her bemærkes, at der kun er otte minirundkørsler med to skæve vejgrene i datamaterialet, så beregningen skal tages med forbehold.

Andel "gode" vejgrene	Antal lokaliteter	P/M-ulykker	P/M-ulykker pr. år	P/M-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler
100%	75	172	0,25	0,15	108	0,16	0,09	1,16
75-99%	9	6	0,10	0,09	6	0,10	0,09	1,14
50-74%	8	16	0,22	0,11	10	0,14	0,07	1,96
Gns. / i alt	92	194	0,24	0,14	124	0,15	0,09	1,20

Tabel 32. Antal ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler for 92 minirundkørsler og 816 ulykkesår fordelt på "andel gode vejgrene", defineret som vejgrene, hvor vinklen er ca. 90 grader i forhold til de nærliggende vejgrene i rundkørslen.

#### 5.4.4

#### Bredde af cirkulationsareal

Tabel 33 viser ulykkesrisikoen for forskellige bredde af cirkulationsarealet. Over halvdelen af rundkørslerne har et cirkulationsareal på 4,0-5,5 m, mens ca. 1/4 har en bredde på 5,5-7,0 m.

Lavest C/K-ulykkesrisiko pr. mio. indkørende cykler findes for den bredde, som flest rundkørsler har (4,0-5,5 m), hvor risikoen er 0,79. Større bredde (5,5-7,0 m) giver større risiko (1,59). For de andre bredder er det som følge af få lokaliteter vanskeligt at konkludere noget om risikoen. Ses der på ulykker eller C/K-ulykker i forhold til indkørende motorkøretøjer er tendensen, at øget bredde giver lavere ulykkesrisiko. Dette kan tænkes at have sammenhæng med, at jo bredde cirkulationsarealet er, jo mere trafik vil der være, og dermed vil risikoen også falde.

Bredde på cirkulationsareal	Antal lokaliteter	P/M-ulykker	P/M-ulykker pr. år	P/M-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler
2,50 – 3,99 m	7	44	0,63	0,23	32	0,46	0,17	3,17
4,00 – 5,49 m	54	94	0,21	0,14	54	0,12	0,08	0,79
5,50 – 6,99 m	25	53	0,23	0,12	36	0,16	0,08	1,59
7,00 – 8,49 m	5	3	(0,06)	(0,04)	2	(0,04)	(0,03)	(0,78)
8,50 – 9,99 m	1	0	(0,00)	(0,00)	0	(0,00)	(0,00)	(0,00)
Gns. / i alt	92	194	0,24	0,14	124	0,15	0,09	1,20

Tabel 33. Antal ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler for 92 minirundkørsler fordelt på bredde af cirkulationsareal. Parentes angiver estimer, som er baseret på få lokaliteter, og som derfor kan være usikre og skal bruges med varsomhed.

Ulykkesrisikoen for forskellige cirkulationsareal er også undersøgt for forskellige bil- og cykeltrafikmængde. Ved lav både bil- og cykeltrafik, som findes i næsten halvdelen af rundkørslerne (under 5.000 biler og under 250 cykler), ser det ud til, at risikoen for C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler er mindre ved bredde af cirkulationsareal på 5,5-7,0 m (0,69) end ved en bredde på 4,0-5,5 m (1,15). Risikoen er også mindre, hvis der er lidt biltrafik og meget cykeltrafik (0,21 vs. 0,49).

Er der derimod meget biltrafik (over 5.000 biler) er risikoen for C/K-ulykker pr. indkørende cykler mindre ved bredde på 4,0-5,5 m end bredde på 5,5-7,0 m. Dette gælder både ved lidt og meget cykeltrafik. Ved lidt cykeltrafik (under 250) er ulykkesrisikoen hhv. 2,07 og 3,49 og ved meget cykeltrafik er risikoen hhv. 1,19 og 2,07. Estimerne er baseret på data fra 5-10 rundkørsler i hver kategori.

#### 5.4.5

#### Midterø

Minirundkørsler er i dette projekt defineret som rundkørsler med overkørbar midterø. Både diameter og højde af midterø er derfor nul meter for alle minirundkørslerne, og der er frit gennemsyn gennem rundkørslerne.

#### 5.4.6

#### Bredde af overkørselsareal

Radius af den overkørbare midterø er angivet i tabel 34. De fleste rundkørsler har en radius på enten 2-4 m (36 rundkørsler) eller 4-6 m (47 rundkørsler). Højest risiko for C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler findes ved den største radius (1,44), mens den er 0,90 ved en radius på 2-4 m.

Det ser også ud til, at risikoen er mindre (1,19) ved endnu større radius (6-8 m), men dette er baseret på kun syv lokaliteter.

Det ser med andre ord ud til, at radius på den overkørbare midterø bør være under 4 m af hensyn til cyklisternes sikkerhed. Dette er også det, som giver lavest risiko, når denne estimeres med udgangspunkt i indkørende biltrafik. Den lavere risiko, når bredden er under 4 m, kan tænkes at hænge sammen med disse rundkørsler i mindre grad har cykelfaciliteter, men dette er ikke undersøgt nærmere her.

Radius på overkørselsareal	Antal lokaliteter	P/M-ulykker	P/M-ulykker pr. år	P/M-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler
0,01 – 1,99 m	2	1	(0,06)	(0,04)	1	(0,06)	(0,04)	(0,42)
2,00 – 3,99 m	36	53	0,17	0,12	30	0,10	0,07	0,90
4,00 – 5,99 m	47	105	0,25	0,15	71	0,17	0,10	1,44
6,00 – 7,99 m	7	35	0,50	0,18	22	0,31	0,11	1,19
Gns. / i alt	92	194	0,24	0,14	124	0,15	0,09	1,20

Tabel 34. Antal ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler for 92 minirundkørsler fordelt på radius af overkørbare midterø. Parentes angiver estimer, som er baseret på få lokaliteter, og som derfor kan være usikre og skal bruges med varsomhed.

#### 5.4.7 Udformning af overkørselsareal

Tabel 35 angiver, hvordan overkørselsarealet er udformet og afgrænset ved de 92 minirundkørsler. De fleste rundkørsler har bro- eller chaussésten (76), mens 16 er asfaltbelagt. For den første kategori er afgrænsningen relativt lige fordelt mellem ingen afgrænsning, afmærkning og kantsten, mens de fleste asfaltbelagte overkørselsarealer har kantsten.

Udformning af overkørselsareal	Antal lokaliteter	P/M-ulykker	P/M-ulykker pr. år	P/M-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler
Asfaltbelagt og afgrænset med afmærkning	4	6	(0,19)	(0,15)	5	(0,16)	(0,12)	(1,21)
Asfaltbelagt med sving- el. kantstensafrænsning	12	18	0,19	0,12	10	0,11	0,07	0,66
Bro- el. chausséstensbelagt uden afgrænsning	28	34	0,14	0,09	22	0,09	0,06	1,01
Bro- el. chausséstensbelagt og afgrænset med afmærkning	25	56	0,23	0,15	35	0,14	0,09	0,85
Bro- eller chausséstensbelagt med sving- el. kantstensafrænsning	23	80	0,39	0,19	52	0,26	0,13	2,41
Gns. / i alt	92	194	0,24	0,14	124	0,15	0,09	1,20

Tabel 35. Antal ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler for 92 minirundkørsler fordelt på udformning og afgrænsning af overkørselsareal. Parentes angiver estimer, som er baseret på få lokaliteter, og som derfor kan være usikre og skal bruges med varsomhed.

Rundkørsler med asfaltbelagt overkørselsareal med kantsten har lavest risiko for C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler (0,66), mens rundkørsler med bro- eller chausséstensbelagt overkørselsareal også med kantsten har den højeste ulykkesrisiko (2,41). Analysen giver et lidt rodet billede, og det er derfor vanskeligt at konkludere, hvilken belægning og afgrænsning som er mest sikker.

#### 5.4.8 Helleanlæg

Minirundkørslerne har mange forskellige helleanlæg og afmærkning på tilfarterne. Det mest hyppige er at have forskellige typer af helleanlæg/afmærkning på tilfarterne, herefter følger ingen helle, parallelhelle og cirkelhelle, se tabel 36. Det kan umiddelbart se ud til, at ingen heller, herunder spærrefalder, giver lavest risiko for C/K-ulykker pr. indkørende cykler, mens helleanlæg generelt giver højest ulykkesrisiko. Dette kan være en effekt af selve helleanlægget, men kan også tænkes at hænge sammen med, at rundkørsler uden heller typisk er de rundkørsler, som ikke har cykelfaciliteter. Der er for lidt data til at undersøge dette nærmere.





Helleanlæg	Antal lokaliteter	P/M-ulykker	P/M-ulykker pr. år	P/M-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler
Ingen heller	27	31	0,13	0,12	25	0,10	0,10	0,58
Afmærkede spærreflader	4	6	(0,15)	(0,13)	1	(0,03)	(0,02)	(0,23)
Cirkelheller	10	28	0,29	0,14	22	0,22	0,11	1,71
Trekantsheller	9	22	0,27	0,11	11	0,14	0,05	1,22
Parallelheller	12	63	0,63	0,27	36	0,36	0,16	3,58
Blandet	30	44	0,17	0,10	29	0,11	0,07	1,21
<b>Gns. / i alt</b>	<b>92</b>	<b>194</b>	<b>0,24</b>	<b>0,14</b>	<b>124</b>	<b>0,15</b>	<b>0,09</b>	<b>1,20</b>

Tabel 36. Antal ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler for 92 minirundkørsler fordelt på helleanlæg. Parentes angiver estimer, som er baseret på få lokaliteter, og som derfor kan være usikre og skal bruges med varsomhed.

#### 5.4.9 Dobbeltrættet cykelsti

I ni af minirundkørslerne er der tilsluttet en dobbeltrættet cykelsti i tillæg til vej-tilfarterne. Dette ser ud til at øge risikoen for C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler. I disse ni rundkørsler er ulykkesrisikoen således 1,36, mens den er 1,18 i de andre. Risikoen er også højere, når ulykkerne sættes i forhold til mio. indkørende biler. Her er tallene hhv. 0,13 og 0,09. Den underliggende forklaring kan være, at disse rundkørsler ikke har andre cykelfaciliteter, men dette er ikke undersøgt.

#### 5.4.10 Hastighedsdæmpende foranstaltninger

For minirundkørslerne er det registreret, om der er hastighedsdæmpende foranstaltninger ved ind- og udkørsel fra rundkørsel i form af hævet flader, bump eller lignende. 10 rundkørsler har sådanne foranstaltninger. Det ser umiddelbart ud til, at disse rundkørsler har markant flere både ulykker i alt og C/K-ulykker pr. mio. indkørende både biler og cykler. Dette kan sandsynligvis forklares ved andre forhold ved rundkørslerne som f.eks., at de har cykelfaciliteter.

#### 5.4.11 Fodgængerfelter

I tabel 37 er rundkørslerne fordelt på, hvor mange vejgrene de har med tværgående fodgængerfelter. De fleste har enten ingen fodgængerfelter overhovedet (43 %) eller fodgængerfelter på alle vejgrene (43 %). For disse to kategorier har rundkørsler uden fodgængerfelter markant lavere C/K-ulykkesrisiko pr. indkørende cykler end rundkørsler med fodgængerfelter i alle vejgrene, mens C/K-ulykkesrisiko pr. indkørende biler er den samme for de to kategorier.

Vejgrene med fodgængerfelter	Antal lokaliteter	P/M-ulykker	P/M-ulykker pr. år	P/M-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler	Fodgængerulykker pr. år
0%	40	51	0,15	0,13	31	0,09	0,08	0,56	0,00
1-49%	4	32	(0,80)	(0,48)	27	(0,68)	(0,40)	(9,93)	(0,03)
50-74%	5	10	(0,25)	(0,14)	1	(0,03)	(0,01)	(0,22)	(0,10)
75-99%	3	7	(0,23)	(0,09)	5	(0,17)	(0,07)	(1,28)	(0,03)
100%	40	94	0,26	0,12	60	0,17	0,08	1,62	0,03
<b>Gns. / i alt</b>	<b>92</b>	<b>194</b>	<b>0,24</b>	<b>0,14</b>	<b>124</b>	<b>0,15</b>	<b>0,09</b>	<b>1,20</b>	<b>0,02</b>

Tabel 37. Antal ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykle fordelt på andel vejgrene med tværgående fodgængerfelter. Parentes angiver estimer, som er baseret på få lokaliteter, og som derfor kan være usikre og skal bruges med varsomhed.

## 5.5 Opsummering for minirundkørsler

### 5.5.1 Overordnet ulykkesrisiko

Analyserne af ulykkesrisiko i minirundkørsler er baseret på 92 rundkørsler med i alt 194 person- og materielskadeulykker registreret på 816 ulykkesår, hvoraf 124 (64 %) er C/K-ulykker. Der er i gennemsnit 0,24 person- og materielskadeulykker pr. år pr. lokalitet, hvoraf 0,15 er C/K-ulykke.

Den gennemsnitlige ulykkesrisiko er hhv. 0,14 person- og materielskadeulykker og 0,09 C/K-ulykker pr. mio. indkørende biler. Regnes ulykkesrisikoen derimod i forhold til indkørende cykler har minirundkørslerne i gennemsnit 1,2 C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler.

Analyserne af betydning af bil- og cykeltrafik, cykelfaciliteter og detailudformning på C/K-ulykkesrisikoen viser forholdsvis klare sammenhænge for trafik, cykelfaciliteter og nogen af detailudformningsparametrene, mens sammenhængene er mere usikre for andre af detailudformningsparametrene. Det er også vigtigt at have sig for øje, at enkeltelementer ved detailudformningen ofte hænger sammen med andre elementer, og at de andre elementer således kan være den underliggende forklaring på en tilsyneladende sammenhæng.

#### 5-5-2

#### **Bil- og cykeltrafik**

Jo mere bil- og cykeltrafik, jo flere C/K-ulykker, men sættes ulykkestallet i forhold til indkørende bil- og cykeltrafik, viser analyserne, at ulykkesrisikoen for den enkelte cyklist falder, når cykeltrafikken stiger, mens C/K-ulykkesrisikoen stiger, når biltrafikken øger. Den laveste C/K-ulykkesrisiko findes således, når der er meget cykeltrafik (over 250 indkørende cykler) og lidt biltrafik (under 5.000 indkørende biler pr. døgn), mens den højeste C/K-ulykkesrisiko findes ved lidt cykeltrafik og meget biltrafik.

#### 5-5-3

#### **Cykelfaciliteter**

Cykelbane og -sti, og i særdeleshed farvet cykelbane og -sti i selve rundkørslen giver høj risiko for C/K-ulykker pr. indkørende cykler. Disse løsninger skal således ud fra et sikkerhedsmæssigt synspunkt bruges med varsomhed.

Cykelbane og -sti i tilfarterne til rundkørslen giver også øget risiko for C/K-ulykker pr. indkørende cykler, og bør således umiddelbart også bruges med varsomhed ud fra et sikkerhedsmæssigt synspunkt. Forklaringen på denne sammenhæng kan være, at rundkørsler med cykelfaciliteter i tilfarterne normalt er de rundkørsler, som også har cykelfaciliteter i selve rundkørslen.

#### 5-5-4

#### **Detailudformning**

Bredde af cirkulationsareal, bredde af overkørselsareal og udformning af helleanlæg hænger ofte sammen og bør ses i sammenhæng. Analyseres dette imidlertid hver for sig, ser det ud til, at 4,0-5,5 m bredt cirkulationsareal, mindst radius af overkørselsareal samt ingen heller giver lavest risiko for C/K-ulykker pr. indkørende cykler.

Samtidig ser det ud til, at "skæve" tilfarter i rundkørslen, tilsluttet dobbeltrettet cykelsti og fodgængerfelter på tværs af tilfarterne øger risikoen for C/K-ulykker pr. indkørende cykler.

## 6 Resultater for 1-sporede rundkørsler

Dette kapitel beskriver resultaterne for 1-sporede rundkørslerne. Udgangspunktet er, at der findes eller skal anlægges en 1-sporet rundkørsel. Dette kapitel bidrager således til at besvare spørgsmålet om, hvordan en 1-sporet rundkørsel skal udformes på en mest mulig trafikikker måde for de cyklende, når det er givet, at det er en 1-sporet rundkørsel, som skal etableres.

### 6.1 Overordnet risiko

Der indgår i alt 459 1-sporede rundkørsler i undersøgelsen, og 4.010 ulykkesår, dvs. en gennemsnitlig 8,7 års ulykkesperiode for hver lokalitet. Der er i alt registeret 1.759 ulykker inkl. ekstrauheld, hvilket i gennemsnit vil sige 3,8 ulykker pr. rundkørsel og 0,44 ulykker pr. år pr. lokalitet, se tabel 38. De 1.759 ulykker er fordelt på 1424 person- og materielskadeulykker (81 %) og 335 ekstrauheld. Af de 1.424 person- og materielskadeulykker er 938 (66 %) C/K-ulykker. Dvs. at der i gennemsnit er 0,23 C/K-ulykker pr. år pr. lokalitet.

Alle Ulykker	Ulykker pr. år	Ulykker pr. mio. biler	P/M-ulykker	P/M-ulykker pr. år	P/M-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler
1.759	0,44	0,17	1.424	0,36	0,14	938	0,23	0,09	1,65

Tabel 38. Antal ulykker og C/K-ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler for 459 1-sporede rundkørsler og 4.010 ulykkesår.

Den gennemsnitlige ulykkesrisiko er hhv. 0,14 person- og materielskadeulykker og 0,09 C/K-ulykker pr. mio. indkørende biler. Regnes ulykkesrisikoen derimod i forhold til indkørende cykler har de 1-sporede rundkørsler i gennemsnit 1,65 C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler.

### 6.2 Betydning af bil- og cykeltrafikmængder

I det følgende er betydningen af både bil- og cykeltrafik på ulykkesrisikoen undersøgt. Dette er, som ved minirundkørsler, i udgangspunktet gjort ved at inddele biltrafikken i hhv. under og over 5.000 indkørende biler, og cykeltrafikken i hhv. under og over 250 indkørende cykler.

#### 6.2.1 Biltrafik

I tabel 39 er rundkørslerne inddelt i fire kategorier med forskellig bil- og cykeltrafik. Sammen mønster ses som ved minirundkørsler. Højest risiko for C/K-ulykker regnet i forhold til indkørende cykler findes således generelt, når der er størst biltrafik, især når der samtidig er lidt cykeltrafik. Når der er over 5.000 indkørende biler og under 250 indkørende cykler er der således en meget høj risiko på 3,34 C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler. C/K-ulykkesrisikoen er endnu større, hvis biltrafikmængden er endnu større.

Indkørende trafik (pr. døgn)	Antal lokaliteter	P/M-ulykker	P/M-ulykker pr. år	P/M-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler
< 5.000 biler < 250 cykler	122	112	0,10	0,10	74	0,07	0,07	1,62
< 5.000 biler > 250 cykler	41	63	0,17	0,13	40	0,11	0,08	0,56
> 5.000 biler < 250 cykler	130	372	0,32	0,10	202	0,17	0,05	3,34
> 5.000 biler > 250 cykler	166	877	0,64	0,17	622	0,46	0,12	1,59
<b>Gns. / i alt</b>	<b>459</b>	<b>1.424</b>	<b>0,36</b>	<b>0,14</b>	<b>938</b>	<b>0,23</b>	<b>0,09</b>	<b>1,65</b>

Tabel 39. Antal ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler for 459 1-sporede rundkørsler og 4.010 ulykkesår fordelt på trafikintervaller.

## 6.2.2

### Cykeltrafik

Samtidig ses det, at risikoen for C/K-ulykker ikke overraskende falder, når der er mange cyklister. Dette gælder både ved lidt og meget biltrafik. Den lavest risiko findes med andre ord, når der er lidt biltrafik (under 5.000 biler pr. døgn) og høj cykeltrafik (over 250 cykler pr. døgn), hvor risikoen er 0,56 C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler. Det er særligt interessant at bemærke, at C/K-ulykkesrisikoen er tilnærmelsesvis den samme, når der er hhv. lav både bil- og cykeltrafik (1,62) og høj både bil- og cykeltrafik (1,59).

Der er foretaget en række supplerende analyser med andre bil- og cykeltrafikintervaller end de i tabel 39 angivne. Disse viser f.eks., at der med en biltrafik på over 5.000 og en cykeltrafik på under 500 er en risiko for C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler på 2,57, hvilket stadig er relativt højt. Samtidig ses, at en endnu større cykeltrafik (over 500) i rundkørsler med lidt biltrafik (under 5.000), giver en endnu lavere ulykkesrisiko på 0,41 C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler.

## 6.2.3

### Trafik pr. vejgred

Som ved minirundkørsler er der også foretaget analyser af sammenhængen mellem ulykkesrisiko og trafikmængde, når det er trafikmængde pr. vejgred fremfor den samlede indkørende trafik, som analyseres. Her er trafikken opdelt i over/under 1.000, 1.500 og 2.000 indkørende biler pr. døgn pr. vejgred og over/under 50 indkørende cykler pr. døgn pr. vejgred.

Som ved minirundkørsler ligner risikotallene de ovenover beskrevne risikotal, og denne analyse giver således ikke anledning til andre konklusioner. Når der er under 1.000 indkørende biler pr. vejgred pr. døgn, er den gennemsnitlige ulykkesrisiko 0,42 og 2,32 C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler, når der er hhv. under og over 50 cykler pr. vejgred pr. døgn. Og når der er over 1.000 indkørende biler pr. vejgred pr. døgn, er den gennemsnitlige ulykkesrisiko f.eks. 1,58 og 3,42 C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler, når der er hhv. under og over 50 cykler pr. vejgred pr. døgn. Mønstret bliver således endnu tydeligere i denne analyse.

## 6.3

### Betydning af cykelfaciliteter

I det følgende er de 459 1-sporede rundkørsler analyseret med udgangspunkt i hvilken cykelfacilitet, der er etableret i selve rundkørslen, dvs. de cykelfaciliteter, der skal benyttes ved cirkulation i rundkørslen.

### 6.3.1

#### Cykelbane og cykelsti

Analysen viser, at sammenlignet med minirundkørsler så er en mindre andel af de 1-sporede rundkørsler etableret uden nogen cykelfaciliteter i rundkørslen. 37 af de 459 1-sporede rundkørsler (8 %) har ingen cykelfaciliteter i rundkørslen, mens det er tilfældet for hele 43 % af minirundkørslerne. Af de 459 1-sporede rundkørsler er 232 (51 %) etableret med cykelbane i cirkulationsarealet. I 130 (28 %) rundkørsler er der etableret en kantstensafgrænset cykelsti, mens der i 53 (12 %) er etableret en tilbagetrukket, separat cykelstiering, hvor cyklisterne krydsning af de tilstødende veje sker et stykke væk fra rundkørslen. Syv (1 %) af rundkørslerne er anlagt med krydsning ude af niveau (over- eller underføring af cykelstien).

Som det ses i tabel 40, så har 1-sporede rundkørsler anlagt med cykelbane det højeste antal ulykker med cyklister med 2,07 registrerede C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler. Herefter følger rundkørsler med cykelsti med 1,60.

1-sporede rundkørsler uden nogen cykelfaciliteter i selve rundkørslen har overordnet set lavere risiko end rundkørsler med anlagt cykelbane eller -sti med 0,86 registrerede C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler. Endnu bedre ser det ud, hvis cyklisterne trækkes væk fra rundkørslen på en separat sti. Denne løsning har markant lavere risiko med 0,45 C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler og endda også lav risiko pr. indkørende biler. Endelig er der ikke registreret nogen cykelulykker i rundkørsler, hvor cyklister krydser ude af niveau med biltrafikken.

Cykelfaciliteter	Antal lokaliteter	P/M-			C/K-			
		ulykker	ulykker pr. år	ulykker pr. mio. biler	ulykker	ulykker pr. år	ulykker pr. mio. biler	ulykker pr. mio. cykler
Ingen cykelfaciliteter	37	57	0,18	0,12	29	0,09	0,06	<b>0,86</b>
Cykelbane	232	769	0,38	0,15	513	0,25	0,10	<b>2,07</b>
Cykelsti	130	514	0,47	0,15	377	0,35	0,11	<b>1,60</b>
Separat cykelsti	53	75	0,15	0,05	19	0,04	0,01	<b>0,45</b>
Niveaufri skæring	7	9	0,13	0,06	0	0,00	0,00	<b>0,00</b>
<b>I alt / Gns.</b>	<b>459</b>	<b>1424</b>	<b>0,36</b>	<b>0,14</b>	<b>938</b>	<b>0,23</b>	<b>0,09</b>	<b>1,65</b>

Tabel 40. Antal ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler fordelt på cykelfaciliteter i 459 1-sporede rundkørsler.

### 6.3.2 Bil- og cykeltrafik

Når antallet af ulykker i de 1-sporede rundkørsler uden cykelfaciliteter i rundkørslen kombineres med trafikmængder for biler og cykler, ses den laveste C/K-ulykkesrisiko, når der er få indkørende biler og mange indkørende cykler, se tabel 41.

For 1-sporede rundkørsler med enten cykelbane eller cykelsti er billedet det samme. Kombinationen af færre end 5.000 biler og flere end 250 cykler giver lavest risiko målt på C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler, mens flere end 5.000 biler og færre end 250 cykler pr. døgn giver størst risiko. Generelt ligger risikoen på cykelstier en smule lavere end cykelbaner, se tabel 42 og tabel 43.

Indkørende trafik (pr. døgn)	Antal lokaliteter	P/M-			C/K-			
		ulykker	ulykker pr. år	ulykker pr. mio. biler	ulykker	ulykker pr. år	ulykker pr. mio. biler	ulykker pr. mio. cykler
< 5.000 biler < 250 cykler	20	18	0,10	0,12	11	0,06	0,07	<b>1,51</b>
< 5.000 biler > 250 cykler	5	13	(0,36)	(0,26)	4	(0,11)	(0,08)	<b>(0,36)</b>
> 5.000 biler < 250 cykler	4	12	(0,34)	(0,14)	7	(0,20)	(0,08)	<b>(9,15)</b>
> 5.000 biler > 250 cykler	8	14	0,20	0,07	7	0,10	0,04	<b>0,48</b>

Tabel 41. Antal ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler fordelt på trafik i de 37 1-sporede rundkørsler uden cykelfaciliteter. Parentes angiver estimer, som er baseret på få lokaliteter, og som derfor kan være usikre og skal bruges med varsomhed.

Indkørende trafik (pr. døgn)	Antal lokaliteter	P/M-			C/K-			
		ulykker	ulykker pr. år	ulykker pr. mio. biler	ulykker	ulykker pr. år	ulykker pr. mio. biler	ulykker pr. mio. cykler
< 5.000 biler < 250 cykler	64	57	0,10	0,10	41	0,07	0,07	<b>1,85</b>
< 5.000 biler > 250 cykler	19	35	0,21	0,15	23	0,14	0,10	<b>0,73</b>
> 5.000 biler < 250 cykler	68	231	0,38	0,13	134	0,22	0,08	<b>4,34</b>
> 5.000 biler > 250 cykler	81	446	0,64	0,18	315	0,45	0,13	<b>1,92</b>

Tabel 42. Antal ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler fordelt på trafik i de 232 1-sporede rundkørsler med cykelbane.

Indkørende trafik (pr. døgn)	Antal lokaliteter	P/M-ulykker	P/M-ulykker pr. år	P/M-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler
< 5.000 biler < 250 cykler	25	30	0,13	0,11	19	0,08	0,07	<b>1,60</b>
< 5.000 biler > 250 cykler	10	13	0,13	0,10	11	0,11	0,08	<b>0,59</b>
> 5.000 biler < 250 cykler	34	92	0,30	0,08	56	0,18	0,05	<b>3,06</b>
> 5.000 biler > 250 cykler	61	379	0,85	0,20	291	0,65	0,15	<b>1,56</b>

Tabel 43. Antal ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler fordelt på trafik i de 130 1-sporede rundkørsler med cykelsti.

### 6.3.3 Farvede cykelfaciliteter

I forlængelse af tabel 40, hvor rundkørslerne er opdelt på forskellige typer cykelfaciliteter, er der foretaget en yderligere opdeling af rundkørslerne med cykelbane eller -sti afhængigt af, om de er farvede eller ej. Der skelnes således ikke mellem helt eller delvist farvede cykelbaner og -stier, dvs. om hele cykelbanen er farvet eller kun ud for sidevejstilslutningerne.

Tabel 44 viser en oversigt for ulykkesrisiko ved forskellige typer cykelfaciliteter i 1-sporede rundkørsler. Det ses, at cykelbaner – og særligt helt eller delvist farvede cykelbaner – har flere registrerede C/K-ulykker end 1-sporede rundkørsler uden cykelfaciliteter med hhv. 2,02 og 2,20 ulykker pr. mio. indkørende cyklister. Farvede og ikke-farvede cykelstier har også mange C/K-ulykker med hhv. 1,83 og 1,26 ulykker pr. mio. indkørende cyklister. Forskellen mellem farve og ikke farve er størst ved cykelsti og mindst ved cykelbane. Den relative negative effekt af farve synes med andre ord mindre for cykelbane end cykelsti.

Cykelfaciliteter	Antal lokaliteter	P/M-ulykker	P/M-ulykker pr. år	P/M-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler
Ingen cykelfaciliteter	37	57	0,18	0,12	29	0,09	0,06	<b>0,86</b>
Cykelbane uden farve	179	548	0,35	0,15	365	0,23	0,10	<b>2,02</b>
Hel eller delvis farvet cykelbane	53	221	0,48	0,16	148	0,32	0,11	<b>2,20</b>
Cykelsti uden farve	76	193	0,30	0,11	121	0,19	0,07	<b>1,26</b>
Hel eller delvis farvet cykelsti	54	321	0,73	0,20	256	0,58	0,16	<b>1,83</b>
<b>I alt / Gns.</b>	<b>399</b>	<b>1340</b>	<b>0,39</b>	<b>0,15</b>	<b>919</b>	<b>0,27</b>	<b>0,10</b>	<b>1,78</b>

Tabel 44. Antal ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler fordelt på cykelfaciliteter i 399 1-sporede rundkørsler.

### 6.3.4 Bredde af cykelfacilitet

Bredden af rundkørslernes cykelfaciliteter er målt ud fra luftfoto. Tallene viser en sandsynlig sammenhæng mellem ulykkesrisiko og cykelfaciliteternes bredde, idet større bredde medfører øget risiko for ulykker. Sammenhængen er særlig tydelig ved opgørelse på ulykker pr. år og pr. mio. indkørende biler, men er mere "mudret" ved opgørelse på ulykker pr. mio. indkørende cykler. Tallene er altså i høj grad udtryk for, at større bredde er med til at øge risikoen for bil-bil-ulykker og ikke så meget bil-cykel-ulykker. Det kan f.eks. skyldes, at brede cykelfaciliteter kan være medvirkende til, at bilister øger hastigheden i rundkørslen. I tabel 45 er tallene for cykelstier og -baner samlet.

Bredde af cykelfaciliteter	Antal lokaliteter	P/M-ulykker	P/M-ulykker pr. år	P/M-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler
Ingen cykelfaciliteter	37	57	0,18	0,12	29	0,09	0,06	<b>0,86</b>
Cykelsti/-bane 1,0 - 1,4 m	7	14	0,24	0,15	7	0,12	0,08	<b>2,72</b>
Cykelsti/-bane 1,5 - 1,9 m	84	226	0,30	0,14	160	0,21	0,10	<b>1,57</b>
Cykelsti/-bane 2,0 - 2,4 m	195	696	0,42	0,15	464	0,28	0,10	<b>2,00</b>
Cykelsti/-bane 2,5 - 2,9 m	66	295	0,51	0,16	220	0,38	0,12	<b>1,64</b>
Cykelsti/-bane 3,0 - 3,4 m	10	52	0,68	0,19	39	0,51	0,14	<b>2,94</b>
<b>I alt / Gns.</b>	<b>399</b>	<b>1340</b>	<b>0,39</b>	<b>0,15</b>	<b>919</b>	<b>0,27</b>	<b>0,10</b>	<b>1,78</b>

Tabel 45. Antal ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler fordelt på bredde af cykelfaciliteter i 399 1-sporede rundkørsler.

### 6.3.5 Andel vejgrene med cykelfaciliteter

For de 1-sporede rundkørsler uden cykelfaciliteter eller med etableret cykelsti eller -bane er det undersøgt, om der findes cykelfaciliteter (cykelstier, cykelbaner eller kantbaner) på de tilstødende veje. I opgørelsen er der også medtaget cykelfaciliteter, der blot er etableret på de sidste 10-20 m før en rundkørsel, som evt. er med til at skabe sammenhæng mellem cykelfaciliteterne i rundkørslen og på de tilstødende veje.

Tabel 46 viser overordnet, at jo flere vejgrene, der har cykelfaciliteter, desto flere ulykker sker der. Hvis der ikke er etableret cykelfaciliteter på de tilstødende veje, er risikoen 1,29 C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler, mens den stiger til 2,26, hvis der er etableret cykelfaciliteter på samtlige af de tilstødende veje. Forklaringen kan bl.a. være, at rundkørsler med cykelfaciliteter på vejgrene ofte også er de rundkørsler, som har cykelfaciliteter i selve rundkørslen.

Andel tilstødende veje med cykelfaciliteter	Antal lokaliteter	P/M-ulykker	P/M-ulykker pr. år	P/M-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler
0% (ingen)	95	163	0,19	0,12	105	0,12	0,08	<b>1,29</b>
25-40% af vejene	10	43	0,53	0,19	32	0,40	0,14	<b>1,58</b>
50-67% af vejene	95	318	0,37	0,16	207	0,24	0,10	<b>1,61</b>
75-80% af vejene	71	304	0,49	0,15	217	0,35	0,11	<b>1,68</b>
100% (alle veje)	128	512	0,49	0,15	358	0,34	0,11	<b>2,26</b>
<b>I alt / Gns.</b>	<b>399</b>	<b>1340</b>	<b>0,39</b>	<b>0,15</b>	<b>919</b>	<b>0,27</b>	<b>0,10</b>	<b>1,78</b>

Tabel 46. Ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler fordelt på andel cykelfaciliteter på tilstødende veje i 1-sporede rundkørsler.

For at undgå for mange forstyrrende parametre, er der i tabel 47 og tabel 48 vist opgørelser kun for 1-sporede rundkørsler med ikke-farvede cykelbaner og -stier. For både cykelbaner og -stier er billedet en smule diffust uden nogle særlige tendenser, når der ses på C/K-ulykkesrisikoen pr. indkørende cyklister, mens det ser ud til, at C/K-ulykkesrisikoen er faldende pr. indkørende biler, jo flere vejgrene der har cykelfaciliteter.

Andel tilstødende veje med cykelfaciliteter	Antal lokaliteter	P/M-ulykker	P/M-ulykker pr. år	P/M-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler
<b>0% (ingen)</b>	46	102	0,25	0,15	72	0,17	0,11	<b>1,64</b>
<b>25-40% af vejene</b>	2	6	(1,20)	(0,44)	5	(1,00)	(0,36)	<b>(2,12)</b>
<b>50-67% af vejene</b>	47	170	0,39	0,17	110	0,26	0,11	<b>2,02</b>
<b>75-80% af vejene</b>	27	82	0,34	0,12	59	0,24	0,08	<b>1,68</b>
<b>100% (alle veje)</b>	57	188	0,39	0,15	119	0,24	0,09	<b>2,63</b>
<b>I alt / Gns.</b>	<b>179</b>	<b>548</b>	<b>0,35</b>	<b>0,15</b>	<b>365</b>	<b>0,23</b>	<b>0,10</b>	<b>2,02</b>

Tabel 47. Ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler fordelt på andelen af cykelfaciliteter på de tilstødende veje i 179 1-sporede rundkørsler med ikke-farvede cykelbaner inde i selve rundkørslen. Parentes angiver estimater, som er baseret på få lokaliteter, og som derfor kan være usikre og skal bruges med varsomhed.

Andel tilstødende veje med cykelfaciliteter	Antal lokaliteter	P/M-ulykker	P/M-ulykker pr. år	P/M-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler
<b>0% (ingen)</b>	5	3	(0,06)	(0,05)	0	(0,00)	(0,00)	<b>(0,00)</b>
<b>25-40% af vejene</b>	3	6	(0,20)	(0,08)	4	(0,13)	(0,05)	<b>(0,90)</b>
<b>50-67% af vejene</b>	23	60	0,30	0,16	42	0,21	0,11	<b>1,35</b>
<b>75-80% af vejene</b>	30	55	0,33	0,11	37	0,22	0,07	<b>1,22</b>
<b>100% (alle veje)</b>	25	69	0,35	0,09	38	0,19	0,05	<b>1,52</b>
<b>I alt / Gns.</b>	<b>76</b>	<b>193</b>	<b>0,30</b>	<b>0,11</b>	<b>121</b>	<b>0,19</b>	<b>0,07</b>	<b>1,26</b>

Tabel 48. Ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler fordelt på andelen af cykelfaciliteter på de tilstødende veje i 76 1-sporede rundkørsler med ikke-farvede cykelstier inde i selve rundkørslen. Parentes angiver estimater, som er baseret på få lokaliteter, og som derfor kan være usikre og skal bruges med varsomhed.

## 6.4 Betydning af detailudformning og -regulering

I det følgende analyseres betydningen af forskellige detailudformninger og -reguleringer på sikkerheden for cyklisterne. Som ved minirundkørsler, er det vigtigt at bemærke, at enkeltelementer ofte hænger sammen med andre elementer, og de andre elementer kan således være den primære, men underliggende, forklaring på f.eks. høj eller lav C/K-ulykkesrisiko. Dette er vigtigt at have sig for øje i gennemgangen af analyseresultaterne.

### 6.4.1 Hastighedsgrænse

421 af de 459 rundkørsler (92 %) har en hastighedsgrænse i rundkørslen på 50 km/t, mens 18 og 10 har en hastighedsgrænse/anbefalet hastighed på hhv. 60 km/t og 40-45 km/t. Meget få har en hastighedsgrænse på 70 km/t eller 30 km/t.

I tabel 49 er antal ulykker og ulykkesrisiko angivet for de forskellige hastighedsgrænser. Hvis man ser bort fra de få rundkørsler med en hastighedsgrænse på 30 km/t, er det faktisk rundkørsler med hastighedsgrænse på 50 km/t, som ser ud til at have laves risiko for C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler (1,61). Dette er gunstigt, da det jo er de rundkørsler, som der er flest af. Der er dog samtidig en rent matematisk forklaring, idet værdien af 92 % af lokaliteterne under alle omstændigheder vil ligge relativt tæt på værdien for alle 100 %.

Rundkørsler med en høj hastighed på 70 km/t har også en relativ lav risiko, men dette er kun baseret på tal fra seks rundkørsler, og kan således være en tilfældighed og/eller hænge sammen med, at disse rundkørsler formentlig i større grad end de andre rundkørsler f.eks. har separate cykelstier.



Hastighedsgrænse	Antal lokaliteter	P/M-ulykker	P/M-ulykker pr. år	P/M-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler
30 km/h	4	1	(0,03)	(0,05)	0	(0,00)	(0,00)	(0,00)
40/45 km/h	10	25	0,27	0,13	17	0,19	0,09	2,57
50 km/h	421	1309	0,35	0,14	862	0,23	0,09	1,61
60 km/h	18	70	0,47	0,16	51	0,34	0,12	2,47
70 km/h	6	19	0,39	0,08	8	0,16	0,03	1,69
<b>Gns. / i alt</b>	<b>459</b>	<b>1424</b>	<b>0,36</b>	<b>0,14</b>	<b>938</b>	<b>0,23</b>	<b>0,09</b>	<b>1,65</b>

Tabel 49. Antal ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler for 459 1-sporede rundkørsler fordelt på hastighedsgrænse. Parentes angiver estimater, som er baseret på få lokaliteter, og som derfor kan være usikre og skal bruges med varsomhed.

#### 6.4.2 Antal vejgrene

Over 70 % af rundkørslerne har fire vejgrene, mens ca. 20 % har tre. For rundkørsler med tre, fire og fem vejgrene ser det ud til, at C/K-ulykkesrisikoen pr. indkørende cykler stiger med stigende antal vejgrene, se tabel 50. Rundkørsler med seks vejgrene har en risiko, som er det samme som den gennemsnitlige risiko for alle rundkørslerne. Ses der på C/K-ulykkesrisiko pr. indkørende biler ses samme tendens med stigende risiko, jo flere vejgrene rundkørslen har.

Antal vejgrene	Antal lokaliteter	P/M-ulykker	P/M-ulykker pr. år	P/M-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler
3 vejgrene	89	192	0,25	0,11	121	0,16	0,07	1,24
4 vejgrene	325	986	0,34	0,13	648	0,22	0,08	1,72
5 vejgrene	33	157	0,55	0,18	105	0,37	0,12	1,91
6 vejgrene	12	89	1,10	0,34	64	0,79	0,25	1,65
<b>Gns. / i alt</b>	<b>459</b>	<b>1424</b>	<b>0,36</b>	<b>0,14</b>	<b>938</b>	<b>0,23</b>	<b>0,09</b>	<b>1,65</b>

Tabel 50. Antal ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler for 459 1-sporede rundkørsler fordelt på antal vejgrene.

#### 6.4.3 Tilslutningsvinkel

I tabel 51 er ulykkesrisikoen angivet for 1-sporede rundkørsler fordelt på "andel gode vejgrene". "Gode vejgrene" er vejgrene, hvor vinklen er ca. 90 grader i forhold til de nærliggende vejgrene. Mens "ikke gode vejgrene" eller "skæve vejgrene" har spids og stum vinkel til de andre vejgrene.

Det ses, at stigende antal "skæve" vejgrene øger risikoen for C/K-ulykker både pr. mio. indkørende cykler, hvor risikoen stiger fra 1,55 til 2,13, og pr. mio. indkørende biler, hvor risikoen stiger fra 0,08 til 0,12. At have "skæve" vejgrene, og især at have flere "skæve" vejgrene er således noget, der så vidt muligt bør undgås.

Andel "gode" vejgrene	Antal lokaliteter	P/M-ulykker	P/M-ulykker pr. år	P/M-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler
100%	335	908	0,31	0,12	587	0,20	0,08	1,55
75-99%	75	308	0,49	0,17	205	0,33	0,11	1,70
50-74%	49	208	0,48	0,17	146	0,34	0,12	2,13
<b>Gns. / i alt</b>	<b>459</b>	<b>1424</b>	<b>0,36</b>	<b>0,14</b>	<b>938</b>	<b>0,23</b>	<b>0,09</b>	<b>1,65</b>

Tabel 51. Antal ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler for 459 1-sporede rundkørsler og 4010 ulykkesår fordelt på "andel gode vejgrene", defineret som vejgrene, hvor vinklen er ca. 90 grader i forhold til de nærliggende vejgrene i rundkørslen.

#### 6.4.4 Bredde af cirkulationsareal

Tabel 52 viser ulykkesrisikoen for forskellige bredde af cirkulationsarealet. Den hyppigste bredde er 5,5-7,0 m (44 %) efterfulgt af 4,0-5,5 m (29 %) og 7,0-8,5 m (23 %). Lavest C/K-ulykkesrisiko pr.

mio. indkørende cykler ser umiddelbart ud til at findes for en bredde på 8,5-10,0 m, hvor risikoen er meget lav (0,63). Denne gruppe har også lav risiko for ulykker generelt og C/K-ulykker pr. indkørende biler. Disse estimater er dog baseret på et relativt lille antal rundkørsler samtidig med, at disse store rundkørsler formentlig i større grad har separate cykelstier. Blandt de tre grupper med mange rundkørsler, er der kun mindre forskelle i ulykkesrisikoen. Her er det gruppen med 4,0-5,5 m bredt cirkulationsareal, som har lavest C/K-ulykkesrisiko.

Bredde på cirkulationsareal	Antal lokaliteter	P/M-ulykker	P/M-ulykker pr. år	P/M-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler
2,50 – 3,99 m	3	0	(0,00)	(0,00)	0	(0,00)	(0,00)	<b>(0,00)</b>
4,00 – 5,49 m	135	410	0,34	0,14	286	0,23	0,10	<b>1,53</b>
5,50 – 6,99 m	201	629	0,37	0,13	403	0,24	0,08	<b>1,71</b>
7,00 – 8,49 m	107	367	0,38	0,16	239	0,25	0,10	<b>1,86</b>
8,50 – 9,99 m	13	18	0,17	0,06	10	0,10	0,03	<b>0,63</b>
<b>Gns. / i alt</b>	<b>459</b>	<b>1424</b>	<b>0,36</b>	<b>0,14</b>	<b>938</b>	<b>0,23</b>	<b>0,09</b>	<b>1,65</b>

Tabel 52. Antal ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler for 459 1-sporede rundkørsler fordelt på bredde af cirkulationsareal. Parentes angiver estimater, som er baseret på få lokaliteter, og som derfor kan være usikre og skal bruges med varsomhed.

Ulykkesrisikoen for forskelligt cirkulationsareal er også undersøgt for forskellige trafikmængder. Ved meget biltrafik (over 5.000 biler), hvor de fleste af rundkørslerne med 8,5-10,0 m bredt cirkulationsareal findes, er C/K-ulykkesrisikoen pr. indkørende cykler markant mindst ved det bredeste cirkulationsareal. Dette gælder både ved lidt cykeltrafik (under 250 cykler) og ved meget cykeltrafik. Ved lidt cykeltrafik er risikoen hhv. 1,71 for cirkulationsareal på 8,5-10,0 m, og 2,95-3,75 for cirkulationsareal på 4,0-8,5 m, og for meget cykeltrafik er tallene hhv. 0,67 og 1,54-1,71.

Når der derimod er lidt biltrafik (under 5.000 biler) og meget cykeltrafik (over 250 cykler) er det en bredde på 4,0-5,5 m, som giver den laveste C/K-ulykkesrisiko pr. mio. indkørende cykler (0,38), mens de andre bredder (5,5-8,5 m) har en risiko på 0,82-0,97. Når der er lidt både bil- og cykeltrafik ser det ud til, at en bredde på 7,0-8,5 m giver lavest risiko for C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler (1,40), mens de andre bredder (4,0-7,0 m) har en risiko på 1,70-1,88.

#### 6.4.5

#### Diameter af midterø

Omkring halvdelen af rundkørslerne har en diameter af midterøen på 10-20 m. Ca. 1/5 har en diameter på 1-10 m og 1/5 har en diameter på 20-30 m, se tabel 53. Lavest C/K-ulykkesrisiko pr. indkørende cykler findes ved en diameter på under 10 m. Herefter følger 20-30 m og 40-55 m. De estimerede C/K-ulykkesrisikoer er med andre ord skiftevis lav og høj. Denne analyse giver derfor ikke en entydig konklusion på, om risikoen stiger eller falder med øget diameter.

Midterøens diameter	Antal lokaliteter	P/M-ulykker	P/M-ulykker pr. år	P/M-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler
1,0 – 9,9 m	100	209	0,25	0,13	134	0,16	0,08	<b>1,23</b>
10,0 – 19,9 m	225	701	0,35	0,14	470	0,23	0,10	<b>1,86</b>
20,0 – 29,9 m	102	353	0,39	0,12	229	0,25	0,07	<b>1,52</b>
30,0 – 39,9 m	25	108	0,55	0,15	69	0,35	0,09	<b>2,13</b>
40,0 – 55,0 m	7	53	1,08	0,29	36	0,73	0,20	<b>1,54</b>
<b>Gns. / i alt</b>	<b>459</b>	<b>1424</b>	<b>0,36</b>	<b>0,14</b>	<b>938</b>	<b>0,23</b>	<b>0,09</b>	<b>1,65</b>

Tabel 53. Antal ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler for 459 1-sporede rundkørsler fordelt på diameter af midterø.

#### 6.4.6

#### Højde af midterø

Højde af midterøen er inddelt i fem kategorier, se tabel 54. Rundkørslerne er relativt jævnt fordelt i disse kategorier. Der er ikke noget entydigt mønster mht. C/K-ulykkesrisikoen pr. indkørende cykler. Risikoen er således skiftevis lav og høj ved øgende højde, dog se risikoen ud til at være

højest ved højde over 2,0 m. Ses der på risiko pr. indkørende biler, er der et mere entydigt billede af, at risikoen for både ulykker og C/K-ulykker generelt falder jo højere midterøen er.

Midterøens højde	Antal lokaliteter	P/M-		C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler
		P/M-ulykker	ulykker pr. år					
Under 0,5 m	76	235	0,38	0,16	166	0,27	0,11	1,45
0,50 – 0,99 m	58	193	0,37	0,16	142	0,27	0,12	1,83
1,00 – 1,49 m	97	248	0,28	0,13	160	0,18	0,09	1,32
1,50 – 1,99 m	66	211	0,36	0,13	143	0,24	0,09	1,71
Over 2,0 m	162	537	0,38	0,12	327	0,23	0,07	1,92
<b>Gns. / i alt</b>	<b>459</b>	<b>1424</b>	<b>0,36</b>	<b>0,14</b>	<b>938</b>	<b>0,23</b>	<b>0,09</b>	<b>1,65</b>

Tabel 54. Antal ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler for 459 1-sporede rundkørsler fordelt på højden af midterø.

#### 6.4.7 Sigt gennem midterø

For ca. halvdelen af rundkørslerne er det vurderet, at der er frit syn gennem midterøen, mens dette ikke er tilfældet for den anden halvdel. Rundkørsler med frit gennemsyn har den lavest risiko for C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler (1,46), mens rundkørsler uden frit gennemsyn har den højeste risiko (1,89). Der er kun nuanceforskelle på risikoen for C/K-ulykker pr. mio. indkørende biler (0,10 vs. 0,08). At ulykkesrisikoen er højest, når der ikke er frit gennemsyn stemmer overens med, at risikoen er højest pr. indkørende cykler, når midterøen er over 2 m, hvor der i mange tilfælde ikke vil være frit gennemsyn. Det stemmer derimod ikke umiddelbart overens med, at risikoen er lavest pr. indkørende biler, når midterøen er højest. Forklaringen kan her være, at flere af de høje midterøer er "gennemsigtige" med udsmykning eller beplantning som f.eks. opstammede træer, som er højt, men samtidig ikke massivt, så man kan se gennem det.

#### 6.4.8 Bredde af overkørselsareal

Bredde af overkørselsarealet er angivet i tabel 55. De fleste, ca. 2/3, af rundkørsler har en bredde på 2-4 m, mens ca. 1/4 har en bredde på enten 0 m eller op til 2 m. Det ser generelt ud til, at øgende bredde af overkørselsarealet giver lavere risiko for ulykker generelt og C/K-ulykker, og det både når der regnes i forhold til indkørende cykler og indkørende biler. Hvis det overkørselsareal er 4,0-6,0 m bredt, er risikoen for C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler og biler f.eks. hhv. 1,0 og 0,04, mens tallene for rundkørsler med 0-2,0 m er hhv. 1-97-2,18 og 0,12-0,13.

bredde på overkørselsareal	Antal lokaliteter	P/M-		C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler
		P/M-ulykker	ulykker pr. år					
0,0 m (ingen)	63	244	0,44	0,18	168	0,30	0,13	1,97
0,01 – 1,99 m	62	214	0,42	0,16	152	0,30	0,12	2,18
2,00 – 3,99 m	295	882	0,34	0,13	571	0,22	0,08	1,54
4,00 – 5,99 m	38	79	0,25	0,07	42	0,13	0,04	1,00
6,00 – 7,99 m	1	5	(0,50)	(0,17)	5	(0,50)	(0,17)	(7,29)
<b>Gns. / i alt</b>	<b>459</b>	<b>1424</b>	<b>0,36</b>	<b>0,14</b>	<b>938</b>	<b>0,23</b>	<b>0,09</b>	<b>1,65</b>

Tabel 55. Antal ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler for 459 1-sporede rundkørsler fordelt på bredde af overkørselsarealet. Parentes angiver estimer, som er baseret på få lokaliteter, og som derfor kan være usikre og skal bruges med varsomhed.

#### 6.4.9 Udformning af overkørselsareal

Tabel 56 angiver, hvordan overkørselsarealet er udformet og afgrænset. De fleste rundkørsler har bro- eller chaussésten (311), mens 82 er asfaltbelagt og 63 ikke har overkørselsareal. Rundkørsler uden overkørselsareal har højest ulykkesrisiko. Blandt rundkørsler med overkørselsareal er det lidt vanskeligere at konkludere noget. Det tyder dog på, at rundkørsler med asfaltbelagt overkørselsareal har lavest C/K-ulykkesrisiko både pr. indkørende cykler og biler. Det kan også tyde på, at kantsten giver lidt lavere C/K-ulykkesrisiko end afgrænsning via afmærkning.

Udformning af overkørselsareal	Antal lokaliteter	P/M-ulykker	P/M-ulykker pr. år	P/M-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler
Intet overkørselsareal	63	244	0,44	0,18	168	0,30	0,13	1,97
Asfaltbelagt og afgrænset med afmærkning	34	78	0,27	0,09	34	0,12	0,04	1,54
Asfaltbelagt med sving- el. kantstensafgrænsning	48	99	0,24	0,09	48	0,12	0,04	1,33
Bro- el. chausséstensbelagt uden afgrænsning	135	419	0,34	0,14	303	0,25	0,10	1,58
Bro- el. chausséstensbelagt og afgrænset med afmærkning	60	188	0,36	0,12	130	0,25	0,09	1,76
Bro- eller chausséstensbelagt med sving- el. kantstensafgrænsning	116	395	0,40	0,15	254	0,26	0,10	1,62
<b>Gns. / i alt</b>	<b>456</b>	<b>1423</b>	<b>0,36</b>	<b>0,14</b>	<b>937</b>	<b>0,23</b>	<b>0,09</b>	<b>1,66</b>

Tabel 56. Antal ulykker pr. år og pr. indkørende biler/cykler for 1-sporede rundkørsler fordelt på udformning og afgrænsning af overkørselsareal.

#### 6.4.10 Helleanlæg

1-sporede rundkørsler har mange forskellige helleanlæg og afmærkning på tilfarterne. Det mest hyppige er trekantsheller efterfulgt af parallelheller og ingen helleanlæg, se tabel 57. Ses der bort fra trompetheller, som der er få af, er der ikke betydelige forskelle på ulykkesrisikoen for forskellige typer helleanlæg. Rundkørsler med forskellige type helleanlæg i de forskellige vejgrene ser dog umiddelbart ud til at have lavest C/K-ulykkesrisiko både pr. indkørende cykler og biler, mens trekantsheller ser ud til at have højest C/K-ulykkesrisiko pr. indkørende cykler.

Helleanlæg	Antal lokaliteter	P/M-ulykker	P/M-ulykker pr. år	P/M-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler
Ingen heller	69	152	0,25	0,16	107	0,18	0,11	1,52
Afmærkede spærreflader	8	22	0,46	0,18	15	0,31	0,12	1,46
Trekantsheller	229	729	0,36	0,13	487	0,24	0,09	1,84
Parallelheller	89	409	0,52	0,15	261	0,33	0,10	1,59
Trompetheller	6	11	0,21	0,06	1	0,02	0,01	0,47
Blandet	58	101	0,20	0,10	67	0,13	0,07	1,22
<b>Gns. / i alt</b>	<b>459</b>	<b>1424</b>	<b>0,36</b>	<b>0,14</b>	<b>938</b>	<b>0,23</b>	<b>0,09</b>	<b>1,65</b>

Tabel 57. Antal ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler for 459 1-sporede rundkørsler fordelt på helleanlæg.

#### 6.4.11 Dobbeltrettet cykelsti

I 73 af de 459 1-sporede rundkørsler er der tilsluttet en dobbeltrettet cykelsti. C/K-ulykkesrisikoen pr. indkørende cykler og biler er den samme for både rundkørsler med og uden en tilsluttet dobbeltrettet cykelsti. Dette ser således ikke ud til at have betydning for ulykkesrisikoen.

#### 6.4.12 Hastighedsdæmpende foranstaltninger

19 rundkørsler har hastighedsdæmpende foranstaltninger ved ind- eller udkørsel fra rundkørslerne i form af hævet flader, bump eller lignende. Disse rundkørsler har lavere risiko for både ulykker generelt og for C/K-ulykker både pr. indkørende cykler og pr. indkørende biler. Risikoen for C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler er f.eks. 0,80 og 1,82 for rundkørsler hhv. med og uden hastighedsdæmpende foranstaltninger. Tallene pr. mio. indkørende biler er hhv. 0,07 og 0,10. Den positive sikkerhedseffekt gælder ved alle kombinationer af lidt og meget bil- og cykeltrafik.

#### 6.4.13 Fodgængerfelter

I tabel 58 er rundkørslerne fordelt på, hvor mange vejgrene de har med tværgående fodgængerfelter. De fleste har enten ingen fodgængerfelter overhovedet (34 %) eller fodgængerfelter på alle vejgrene (49 %). For de to store kategorier har rundkørsler med ingen fodgængerfelter lavest risiko for C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler (1,41), mens rundkørsler med fodgænger-

felte i alle vejgrene har en højere ulykkesrisiko (1,74). Rundkørsler, hvor der er fodgængerfelte i under halvdelen af vejgrene, har den allerlaveste ulykkesrisiko (1,29), mens rundkørsler med fodgængerfelte i over 75 % af vejgrene har højest risiko (2,15). Rundkørsler med ingen eller få fodgængerfelte har også lavest risiko for ulykker generelt og C/K-ulykker pr. indkørende biler. Rundkørsler med flest fodgængerfelte har også flest fodgængerulykker pr. år, men dette kan bl.a. hænge sammen med, at disse formentlig også har flest krydsende fodgængere.

Vejgrene med fodgængerfelte	Antal lokaliteter	P/M-ulykker	P/M-ulykker pr. år	P/M-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler	Fodgængerulykker pr. år
0%	156	313	0,22	0,10	176	0,12	0,05	1,41	0,01
1-49%	36	83	0,24	0,10	54	0,16	0,06	1,29	0,00
50-74%	20	47	0,28	0,12	28	0,17	0,07	1,92	0,01
75-99%	23	89	0,48	0,17	52	0,28	0,10	2,15	0,05
100%	224	892	0,47	0,16	628	0,33	0,12	1,74	0,04
<b>Gns. / i alt</b>	<b>459</b>	<b>1424</b>	<b>0,36</b>	<b>0,14</b>	<b>938</b>	<b>0,23</b>	<b>0,09</b>	<b>1,65</b>	<b>0,02</b>

Tabel 58. Antal ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykle fordelt på andel vejgrene med tværgående fodgængerfelte.

## 6.5 Opsummering for 1-sporede rundkørsler

### 6.5.1 Overordnet ulykkesrisiko

Analyserne af ulykkesrisiko i 1-sporede rundkørsler er baseret på 459 rundkørsler med i alt 1.424 person- og materielskadeulykker registreret på 4.010 ulykkesår, hvoraf 938 (66 %) er C/K-ulykker. Der er i gennemsnit 0,36 person- og materielskadeulykker pr. år pr. lokalitet, hvoraf 0,23 er C/K-ulykke. Den gennemsnitlige ulykkesrisiko er hhv. 0,14 person- og materielskadeulykker og 0,09 C/K-ulykker pr. mio. indkørende biler. Regnes ulykkesrisikoen derimod i forhold til indkørende cykler, har rundkørslerne i gennemsnit 1,65 C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler.

Analyserne af betydning af bil- og cykeltrafik, cykelfaciliteter og detailudformning på C/K-ulykkesrisikoen viser forholdsvis klare sammenhænge for trafik, cykelfaciliteter og nogen af detailudformningsparametrene, mens sammenhængene er mere usikre for andre af detailudformningsparametrene. Det er vigtigt at have sig for øje, at enkeltelementer ved detailudformningen ofte hænger sammen med andre elementer, og at de andre elementer således kan være den underliggende forklaring på en tilsyneladende sammenhæng.

### 6.5.2 Bil- og cykeltrafik

Jo mere bil- og cykeltrafik, jo flere C/K-ulykker, men sættes ulykkestallet i forhold til indkørende bil- og cykeltrafik, viser analyserne, at ulykkesrisikoen for den enkelte cyklist falder, når cykeltrafikken stiger, mens C/K-ulykkesrisikoen stiger, når biltrafikken øger. Den laveste C/K-ulykkesrisiko findes således, når der er meget cykeltrafik (over 250 indkørende cykler) og lidt biltrafik (under 5000 indkørende biler pr. døgn), mens den højeste C/K-ulykkesrisiko findes ved lidt cykeltrafik og meget biltrafik.

### 6.5.3 Cykelfaciliteter

Cykelbane og -sti, og i særdeleshed farvet cykelbane og -sti i selve rundkørslen giver høj risiko for C/K-ulykker pr. indkørende cykler. Disse løsninger skal således ud fra et cykelsikkerhedsmæssigt synspunkt bruges med varsomhed.

Cykelbane og -sti i tilfarterne til rundkørslen giver også øget risiko for C/K-ulykker pr. indkørende cykler, og bør således umiddelbart også bruges med varsomhed ud fra et sikkerhedsmæssigt synspunkt. Forklaringen på denne sammenhæng kan være, at rundkørsler med cykelfaciliteter i tilfarterne normalt er de rundkørsler, som også har cykelfaciliteter i selve rundkørslen.

### 6.5.4 Detailudformning

C/K-ulykkesrisikoen stiger generelt, jo flere vejgrene og jo flere "skæve" vejgrene rundkørslen har. Dette gælder, når der regnes i forhold til både indkørende cykler og indkørende biler.

Bredde af cirkulationsareal, udformning af midterø, bredde af overkørselsareal og udformning af helleanlæg hænger ofte sammen og bør ses i sammenhæng. Analyseres dette imidlertid hver for sig, ser det for cirkulationsarealet ud til, at et 8,5-10,0 m bredt cirkulationsareal giver lavest risiko for C/K-ulykker pr. indkørende cykler, efterfulgt af et 4,0-5,5 m bredt cirkulationsareal. Det bredeste cirkulationsareal giver især lavest risiko, når der er meget biltrafik (over 5.000 biler), mens en bredde på 4,0-5,5 m giver lav risiko ved lidt biltrafik.

Der er ikke fundet entydig sammenhæng, om betydning af midterøens diameter. For midterøens højde ser det på den ene side ud til, at risikoen for C/K-ulykker pr. mio. indkørende biler falder, jo højere midterøen er. På den anden side ser frit gennemsyn gennem rundkørslen også ud til at reducere C/K-ulykkesrisikoen pr. indkørende cykler. Etablering af overkørselsareal ser generelt ud til at have positiv sikkerhedseffekt. Der er ikke fundet betydelige forskelle på ulykkesrisikoen for forskellige typer helleanlæg.

De fleste rundkørsler har en hastighedsgrænse på 50 km/t, hvilket også ser ud til at give den lavest ulykkesrisiko. Hastighedsdæmpende foranstaltninger ved ind- og udkørsel fra rundkørslerne reducerer ulykkesrisikoen for både ulykker generelt og for C/K-ulykker både pr. indkørende cykler og pr. indkørende biler.

Rundkørsler med ingen eller få fodgængerfelter har lavest risiko for både ulykker generelt og C/K-ulykker og både pr. indkørende cykler og pr. indkørende biler. De har også færrest fodgængerulykker, men dette kan hænge sammen med færre fodgængere. Tilsluttet dobbeltrettet cykelsti i rundkørslen ser ikke ud til at have betydning for ulykkesrisikoen.

## 7

# Resultater for 2-sporede rundkørsler

Dette kapitel beskriver de vigtigste resultater for 2-sporede rundkørsler. Udgangspunktet er her, at der findes eller skal anlægges en 2-sporet rundkørsel. Dette kapitel bidrager således til at besvare spørgsmålet om, hvordan en 2-sporet rundkørsel skal udformes på en mest mulig trafik-sikker måde for de cyklende, når det på forhånd er givet, at det er en 2-sporet rundkørsel, som skal etableres.

2-sporede rundkørsler i byområder er en sjælden løsning, og der indgår derfor kun 13 2-sporede byrundkørsler i datamaterialet. Her har det derfor ikke været muligt at lave detaljerede analyser. Vi angiver dog nogle overordnede resultater, men selv for disse er det vigtigt at påpege, at de skal tages med store forbehold som følge af det lille antal rundkørsler. Samtidig er det vigtigt at påpege, at de 2-sporede rundkørsler formentlig er anderledes end både mini- og 1-sporede rundkørsler mht. udformning, trafikmængde og -sammensætning og geografisk placering, så resultaterne er ikke direkte sammenlignelige med resultaterne for de andre typer rundkørsler.

### 7.1 Overordnet risiko

Der indgår i alt 13 2-sporede rundkørsler i undersøgelsen, og 120 ulykkesår, dvs. en gennemsnitlig 9,2 års ulykkesperiode for hver lokalitet. Der er i alt registeret 216 ulykker inkl. ekstrauheld, hvilket i gennemsnit vil sige 16,6 ulykker pr. rundkørsel og 1,8 ulykker pr. ulykkesår, se tabel 59. De 216 ulykker er fordelt på 149 person- og materielskadeulykker (69 %) og 67 ekstrauheld. Af de 149 person- og materielskadeulykker er 75 (50 %) C/K-ulykker. Dvs. at der i gennemsnit er 0,63 C/K-ulykker pr. år pr. lokalitet.

Alle Ulykker	Ulykker pr. år	Ulykker pr. mio. biler	P/M-ulykker	P/M-ulykker pr. år	P/M-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler
216	1,8	0,29	149	1,24	0,20	75	0,63	0,10	3,91

Tabel 59. Antal ulykker og C/K-ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler for 13 2-sporede rundkørsler og 120 ulykkesår.

Den gennemsnitlige ulykkesrisiko er hhv. 0,20 person- og materielskadeulykker og 0,10 C/K-ulykker pr. mio. indkørende biler. Regnes ulykkesrisikoen derimod i forhold til indkørende cykler har de 2-sporede rundkørsler i gennemsnit 3,91 C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler.

### 7.2 Betydning af bil- og cykeltrafikmængder

12 af 13 rundkørsler har over 5.000 indkørende biler pr. døgn. Det er således ikke muligt at undersøge betydningen af, om der er over eller under 5.000 biler. For de 12 rundkørsler med over 5.000 biler er der tre rundkørsler, der har under 250 indkørende cykler pr. døgn, og ni som har over. Her gælder det, som ved de andre rundkørsler, at flere indkørende cykler reducerer C/K-ulykkesrisikoen. Har er ulykkesrisikoen hhv. 6,8 og 3,8. Modsat mønster ses, når risikoen regnes pr. indkørende biler.

### 7.3 Betydning af cykelfaciliteter

I det følgende er de 13 2-sporede rundkørsler analyseret med udgangspunkt i hvilken cykelfacilitet, der er etableret i rundkørslen.

#### 7.3.1 Cykelbane og cykelsti

De fleste af rundkørslerne har cykelsti (fem rundkørsler) eller tilbagetrukket cykelsti (fem rundkørsler). To rundkørsler har cykelbane og en rundkørsel har niveaufri skæring. Blandt de 10 rundkørsler med cykelsti, har cykelsti i rundkørslen markant højest risiko for C/K-ulykker både pr. mio. indkørende cykler (3,1 vs. 0,8) og pr. mio. indkørende biler (0,1 vs. 0,01). Allerhøjest C/K-ulykkesrisiko findes ved cykelbane, hvor der er ca. 12,0 og 0,4 C/K-ulykker hhv. pr. mio. indkørende cykler og pr. mio. indkørende biler, men disse estimater er baseret på kun to rundkørsler.

Bemærk, at cykelbanerne er farvet i begge disse rundkørsler. Blandt de fem rundkørsler med cykelsti i rundkørslen, er der én som er farvet, og denne har højere C/K-ulykkesrisiko end de fire andre rundkørsler.

### 7-3-2 **Bredde af cykelbane og cykelsti**

Bredden af cykelbane og -sti i de syv rundkørsler med cykelbane og -sti i rundkørslen varierer mellem 2,0-2,4 m (tre rundkørsler), 2,5-2,9 m (en rundkørsel) og 3,0-3,4 m (tre rundkørsler). Datamaterialet er for spinkelt til at give et pålideligt bud på betydningen af bredden, men det ser ud til, at den mindste bredde giver højest C/K-ulykkesrisiko pr. både indkørende cykler og biler.

### 7-3-3 **Cykelfaciliteter i vejgrene**

Blandt de syv rundkørsler med cykelbane eller -sti i rundkørslen har fire rundkørsler cykelfaciliteter i alle vejgrene, mens tre rundkørsler har cykelfaciliteter i nogle af vejgrene. Risikoen for C/K-ulykker pr. både indkørende cykler og biler synes højest for rundkørsler med cykelfaciliteter i alle vejgrene (hhv. 8,9 og 0,3).

## 7-4 **Betydning af detailudformning og -regulering**

I det følgende analyseres betydningen af forskellige detailudformninger og -reguleringer på sikkerheden for cyklisterne. Som ved de andre rundkørsler, er det vigtigt at bemærke, at enkelt-elementer ofte hænger sammen med andre elementer, og de andre elementer kan således være den primære, men underliggende, forklaring på f.eks. høj eller lav C/K-ulykkesrisiko.

### 7-4.1 **Hastighedsgrænse**

10 rundkørsler har en hastighedsgrænse på 50 km/t, og tre rundkørsler har en hastighedsgrænse på 60 km/t. Datamaterialet giver dermed ikke anledning til at konkludere noget om sammenhængen mellem hastighedsgrænse og ulykkesrisiko i 2-sporede rundkørsler. Analyseres dataene alligevel ses, at risikoen for C/K-ulykker pr. mio. indkørende biler er omtrentlig den samme for de to hastighedsgrænser, mens risikoen pr. mio. indkørende cykler er lavest for 60 km/t og højest for 50 km/t. Den lavere risiko ved 60 km/t hænger formentlig sammen med, at disse har anden udformning med sikrere cykelløsninger.

### 7-4.2 **Antal vejgrene og tilslutningsvinkler**

Otte rundkørsler har fire vejgrene. Disse rundkørsler ser ud til at have lavest risiko for C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler (1,81), mens rundkørsler med tre, fem og seks vejgrene ser ud til at have højere risiko. Igen er datamaterialet for spinkelt til drage pålidelige konklusioner.

Ved 2-sporede rundkørsler kan der godt være flere kørespor pr. vejgren, og sammenhængen mellem antal kørespor (tilfarer og frafarer) er derfor også undersøgt. Datamaterialet bliver dog her opdelt i så mange underkategorier, at det ikke er muligt at lave meningsfulde analyser.

Ni rundkørsler har udelukkende vinkelrette vejgrene. Disse rundkørsler ser ud til at have lavest risiko for C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler (1,9), mens rundkørsler med en eller flere "skæve" vejgrene har en højere risiko.

### 7-4.3 **Bredde af cirkulationsareal**

Otte rundkørsler har et 7,0-8,5 m bredt cirkulationsareal, mens fem rundkørsler har et 8,5-10,0 m bredt cirkulationsareal. Risikoen for C/K-ulykker pr. både mio. indkørende cykler og biler ser ud til at være lavest for rundkørsler med et 7,0-8,5 m bredt cirkulationsareal. Risikoen er her hhv. 3,0 og 0,1 mod 5,6 og 0,2 for rundkørsler med et 8,5-10,0 m bredt cirkulationsareal.

### 7-4.4 **Udformning af midterø**

Diameter af midterø er fordelt på følgende måde: To rundkørsler: 10-20 m, tre rundkørsler: 20-30 m, fire rundkørsler: 30-40 m og fire rundkørsler: 40-55 m. Her er kategorierne for små til at lave meningsfulde risikoberegninger.



10 rundkørsler har en over 2 m høj midterø, mens midterøen er under 2 m i de resterende tre rundkørsler. Risikoen for C/K-ulykker både pr. indkørende cykler og biler ser ud til at være lavest i de tre rundkørsler med lavest midterø, men dette estimat er baseret på kun tre rundkørsler.

10 rundkørsler har intet overkørselsareal, mens tre har et overkørselsareal på op til 2 m. Ulykkesrisikoen for C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler og biler ser ud til at være lavest for de tre rundkørsler med overkørselsareal.

#### **7.4.5 Helleanlæg**

Syv rundkørsler med parallellheller har 2,7 C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler, mens fire rundkørsler med trekantsheller har 9,42 C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler. De resterende rundkørsler er fordelt med en rundkørsel med trompethelle og en rundkørsel med blandet heller.

#### **7.4.6 Dobbeltrittet cykelsti**

Ingen af de 13 2-sporede rundkørsler har dobbeltrittet cykelsti tilsluttet, og det er således ikke muligt at undersøge effekten af evt. at have en sådan tilslutning.

#### **7.4.7 Hastighedsdæmpende foranstaltninger**

Ingen af de 2-sporede rundkørsler har hastighedsdæmpende foranstaltninger i form af hævet flader, bump eller lignende, og effekten af dette kan derfor ikke undersøges.

#### **7.4.8 Fodgængerfelter**

Otte rundkørsler har ingen fodgængerfelter på tværs, mens fem rundkørsler har fodgængerfelter på alle tilfarterne. Risikoen for ulykker generelt og C/K-ulykker pr. både indkørende cykler og indkørende biler er mindst for rundkørsler uden fodgængerfelter. Det er også her, at der er færrest fodgængerulykker, men dette hænger sandsynligvis sammen med færre krydsende fodgængere. Risikoen for C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler er f.eks. hhv. 2,0 og 5,8, mens risikoen er hhv. 0,04 og 0,21 pr. mio. indkørende biler.

### **7.5 Opsummering for 2-sporede rundkørsler**

Der indgår kun 13 2-sporede byrundkørsler i datamaterialet, så det er ikke muligt at lave detaljerede analyse af disse, og alle resultater skal tages med store forbehold. Men det tyder på, at risikoen for C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler er meget høj i disse rundkørsler. Ulykkesrisikoen for den enkelte cyklist er her mindst, når cykeltrafikken er størst.

Det er ikke muligt at konkludere noget om detailudformningen af rundkørslerne, men det tyder på, at (farvet) cykelbane og -sti i rundkørslen og tilfarterne samt fodgængerfelter på tværs af tilfarterne øger risikoen for C/K-ulykker. Samtidig tyder det på, at færrest mulig antal vejgrene samt flest mulig antal vinkelrette vejgrene giver lavest ulykkesrisiko.

## 8 Sammenligning mellem typer og litteratur

I de tre forrige kapitler har vi analyseret mini-, 1-sporede-, og 2-sporede rundkørsler hver for sig. I dette kapitel analyseres rundkørslerne på "tværs". Fokus er mini-, og 1-sporede rundkørsler, da de 2-sporede rundkørsler både er sjældne, sjældent aktuelle eller hensigtsmæssige at anlægge i danske byer og ofte adskiller sig markant fra de andre typer. Det som med andre ord vil blive analyseret er, hvad som er mest/mindst sikkert at vælge under forskellige forudsætninger, hvis det på forhånd ikke er givet, at der skal laves en mini- eller en 1-sporet rundkørsel. Derudover vil resultaterne fra ulykkesanalyserne blive sammenlignet med resultaterne fra gennemgang af danske og udenlandske anbefalinger og tidligere studier beskrevet i kapitel 2 og 3.

### 8.1 Overordnet risiko

#### 8.1.1 Tre typer rundkørsler

Det samlede antal ulykker, ulykker pr. år og ulykker pr. mio. indkørende cykler og biler for alle 564 rundkørsler og hver af de tre grupper af rundkørsler; mini-, 1-sporede og 2-sporede, er sammenfattet i tabel 60.

Rundkørsel	Antal	Alle ulykker	Ulykker pr. år	P/M-ulykker	P/M-ulykker pr. år	P/M-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker	C/K-ulykker pr. år	C/K-ulykker pr. mio. biler	C/K-ulykker pr. mio. cykler
Mini	92	229	0,28	194	0,24	0,14	124	0,15	0,09	1,20
1-sporet	459	1759	0,44	1424	0,36	0,14	938	0,23	0,09	1,65
2-sporet	13	216	1,8	149	1,24	0,20	75	0,63	0,10	3,91
Gns. / i alt	564	2.204	0,45	1767	0,36	0,14	1137	0,23	0,09	1,65

Tabel 60. Antal ulykker af forskellige alvorlighed og type i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler for 92 minirundkørsler (816 ulykkesår), 459 1-sporede rundkørsler (4.010 ulykkesår) og 13 2-sporede rundkørsler (120 ulykkesår).

Generelt er der registeret 0,36 ulykker, heraf 0,23 C/K-ulykker pr. år pr. rundkørsel. Der er 0,09 C/K-ulykker pr. mio. indkørende biler og 1,65 C/K-ulykker pr. indkørende cykler. 1-sporede rundkørsler har, som følge af at de udgør hele 81 % af datamaterialet, tilsvarende ulykkesrisikoer.

Både mini- og 2-sporede rundkørsler har også 0,09-0,10 C/K-ulykker pr. mio. indkørende biler, men pr. mio. indkørende cykler er der stor forskel. Her har minirundkørsler en relativ lav risiko på 1,2, mens 2-sporede rundkørsler har en meget høj værdi, som er 2-3 højere end for de andre typer. Samtidig ser det umiddelbart ud til, at minirundkørsel kan være en god sikkerhedsmæssige løsning for cyklister. Noget af forskellene kan dog hænge sammen med forskellig trafikmængde og forskellige detailudformning som f.eks. omfang af cykelfaciliteter.

#### 8.1.2 Sammenligning med litteraturen

I de gennemgåede håndbøger og studier er der bred enighed om, at cyklister i 2-sporede rundkørsler er en trafikfarlig løsning og det anbefales således, at cykeltrafikken adskilles fra biltrafikken i sådanne rundkørsler. I nærværende ulykkesanalyse er det som beskrevet ligeledes fundet, at C/K-ulykkesrisikoen er høj for 2-sporede rundkørsler, og der er således god overensstemmelse mellem ulykkes- og litteraturgennemgangen.

Mens vi finder lav C/K-ulykkesrisiko i minirundkørsler har en tidligere stor dansk undersøgelse (Jensen, 2013a) fundet, at sikkerheden er dårligere i minirundkørsler end i 1-sporede rundkørsler. Forskellen kan hænge sammen med, at der er tale om to forskellige undersøgelsesdesign. Jensen (2013a) har undersøgt effekten i antal ulykker ved ombygning fra kryds til rundkørsel, mens vi her (primært) har undersøgt risikoen for C/K-ulykker pr. indkørende cykler. Forskellen er generel også, at Jensen (2013a) undersøger rundkørsler både i og udenfor by, mens vi udelukkende undersøger byrundkørsler. Som følge af de forskellige metodetilgange og måder at estimere

sikkerhed på, kan de to studier godt være rigtige samtidige, men de svarer på lidt forskellige spørgsmål. Vores studie giver således svar på, hvordan man opnår den laves ulykkesrisiko set fra cyklistens synspunkt, når det er forudsat, at der er eller skal bygge en rundkørsel, mens Jensen (2013a) svarer på spørgsmålet om, hvilken effekt man får i det samlede antal ulykker og personskader, når man ombygger et kryds til forskellige varianter af rundkørsler.

## 8.2 Betydning af bil- og cykeltrafik

### 8.2.1 Biltrafik og cykeltrafik

I tabel 61 er risikoen for C/K-ulykker ved forskellige trafikmængde sammenlignet for mini- og 1-sporede rundkørsler. Her ses det, at minirundkørsler har markant lavere ulykkesrisiko (0,96) når der både er lav bil- og cykeltrafikmængde end 1-sporede rundkørsler (1,62). Risikoen pr. indkørende biler er også mindre (0,03 vs. 0,07). Minirundkørsler bør således umiddelbart foretrækkes ud fra et sikkerhedssynspunkt, når der er lidt trafik.

Billedet er modsat, når der både er meget bil- og cykeltrafik. Her ses det, at 1-sporede rundkørsler har markant lavere risiko (1,59) end minirundkørsler (2,09). Risikoen er ca. den samme, når der regnes pr. indkørende biler (0,12-0,13). Her er 1-sporede rundkørsler således at foretrække. Denne typer vil også være at foretrække ud fra et trafikafviklingsperspektiv.

Når der er lidt biltrafik og meget cykeltrafik har de to typer tilnærmelsesvis samme lave ulykkesrisiko (0,48 og 0,56). Samtidig er der ikke store forskelle i ulykkesrisiko pr. indkørende biler. Her kan begge typer således være aktuelle.

Når der er meget biltrafik og lidt cykeltrafik fås generelt den højest ulykkesrisiko, og en sådanne trafiksammensætning er generelt trafiksikkerhedsmæssig problematisk set fra cyklisterne perspektiv. De t ser ud til, at det her er minirundkørslerne, som generelt har lavest C/K-ulykkesrisiko.

Indkørende trafik	Lokaliteter (mini)	Ulykker (mini)	Ulykker pr. år (mini)	Ulykker pr. mio. biler (mini)	Ulykker pr. mio. cykler (mini)	Lokaliteter (1-spor)	Ulykker (1-spor)	Ulykker pr. år (1-spor)	Ulykker pr. mio. biler (1-spor)	Ulykker pr. mio. cykler (1-spor)
< 5.000 biler < 250 cykler	43	14	0,04	0,03	<b>0,96</b>	122	74	0,07	0,07	<b>1,62</b>
< 5.000 biler > 250 cykler	16	24	0,17	0,14	<b>0,48</b>	41	40	0,11	0,08	<b>0,56</b>
> 5.000 biler < 250 cykler	12	17	0,16	0,06	<b>2,69</b>	130	202	0,17	0,05	<b>3,34</b>
> 5.000 biler > 250 cykler	21	69	0,39	0,13	<b>2,09</b>	166	622	0,46	0,12	<b>1,59</b>
<b>Gns. / i alt</b>	<b>92</b>	<b>124</b>	<b>0,15</b>	<b>0,09</b>	<b>1,20</b>	<b>459</b>	<b>938</b>	<b>0,23</b>	<b>0,09</b>	<b>1,65</b>

Tabel 61. Antal C/K-ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler for minirundkørsler (mini) og 1-sporede rundkørsler (1-spor) fordelt på forskellig døgntrafik bil og cykeltrafik.

### 8.2.2 Sammenligning med litteraturen

Det er en generelt anerkendt og veldokumenteret sammenhæng, at mere biltrafik giver flere C/K-ulykker, og at mere cykeltrafik reducerer ulykkesrisikoen for den enkelte cyklist. På lokaliteter, hvor bilister og cyklister skal interagere, som i rundkørsler, er det således trafiksikkerhedsmæssigt fordelagtigt for cyklister og knallertkørere, at der er få biler og mange cyklister, mens det modsat er udfordrende, når der er mange bilister og få cyklister. I håndbøger fra alle de gennemgåede lande er det således angivet, at der skal være en lav biltrafikmængde, hvis bil- og cykeltrafikken skal blandes i rundkørslen. Flere lande har ikke konkretiseret, hvad der menes med lav, mens andre har angivet en maksimal ÅDT på 5.000-15.000 køretøjer.

## 8.3 Betydning af cykelfaciliteter

### 8.3.1 Cykelbane og -sti i rundkørslen

For både mini- og 1-sporede rundkørsler er C/K-ulykkesrisikoen højest, når der er cykelbane i rundkørslen, efterfulgt af cykelsti, se tabel 62. Underopdeles cykelfaciliteterne i farvet og ikke farvet cykelbane og -sti ses samme mønster for mini- og 1-sporede rundkørsler, nemlig at farve øger ulykkesrisikoen yderligere. Størst risiko findes således, når der er farvet cykelbane og -sti.

Udover at der ses det samme mønster, ses der også risikostørrelser og -stigninger ved cykelbane og -sti med/uden farve af samme størrelsesorden ved mini- og 1-sporede rundkørsler. Det betyder, at der ud fra et trafikikkerhedsmæssigt synspunkt ikke umiddelbart er noget at hente ved at ombygge f.eks. en minirundkørsel med farvet cykelbane eller -sti til en 1-sporet rundkørsel med farvet cykelbane eller -sti eller omvendt.

Cykelbane og -sti, og især farvet cykelbane og -sti er således en dårlig løsning i forhold til cyklisternes sikkerhed, og det gælder både for mini- og 1-sporede rundkørsler. Modsat er disse faciliteter noget, som generelt øger cyklisternes oplevede tryghed, tilfredshed og fremkommelighed.

Cykel-faciliteter	Lokaliteter (mini)	Ulykker (mini)	Ulykker pr. år (mini)	Ulykker pr. mio. biler (mini)	Ulykker pr. mio. cykler (mini)	Lokaliteter (1-spor)	Ulykker (1-spor)	Ulykker pr. år (1-spor)	Ulykker pr. mio. biler (1-spor)	Ulykker pr. mio. cykler (1-spor)
Ingen	40	45	0,12	0,10	<b>0,74</b>	37	29	0,09	0,06	<b>0,86</b>
Cykelbane	45	70	0,18	0,09	<b>1,84</b>	232	513	0,25	0,10	<b>2,07</b>
Cykelsti	5	8	(0,24)	(0,08)	<b>(1,73)</b>	130	377	0,35	0,11	<b>1,60</b>
Separat cykelsti	2	1	(0,05)	(0,06)	<b>(1,74)</b>	53	19	0,04	0,01	<b>0,45</b>
Cykelbane uden farve	24	19	0,10	0,06	<b>1,42</b>	179	365	0,23	0,10	<b>2,02</b>
Cykelbane med farve	21	51	0,26	0,10	<b>2,07</b>	53	148	0,32	0,11	<b>2,20</b>
Cykelsti uden farve	3	0	(0,00)	(0,00)	<b>(0,00)</b>	76	121	0,19	0,07	<b>1,26</b>
Cykelsti med farve	2	8	(0,67)	(0,14)	<b>(3,18)</b>	54	256	0,58	0,16	<b>1,83</b>
I alt / Gns.	<b>92</b>	<b>124</b>	<b>0,15</b>	<b>0,09</b>	<b>1,20</b>	<b>459</b>	<b>938</b>	<b>0,23</b>	<b>0,09</b>	<b>1,65</b>

Tabel 62. Antal C/K-ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler fordelt på cykelfaciliteter i minirundkørsler (mini) og 1-sporede rundkørsler (1-spor). Parentes angiver estimater, som er baseret på få lokaliteter, og som derfor er usikre og skal bruges med varsomhed.

### 8.3.2 Brede af cykelfaciliteter

For både mini- og 1-sporede rundkørsler gælder det, at der ikke er en entydig sammenhæng mellem bredde af cykelbane og -sti i rundkørslen og risikoen for C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler. Med hensyn til risikoen for C/K-ulykker pr. mio. indkørende biler viser analyserne imidlertid, at øgende bredde betyder højere ulykkesrisiko i 1-sporede rundkørsler. Øges bredden fra f.eks. 1,0-1,4 m til 3,0-3,4 m øges risikoen for C/K-ulykker pr. mio. indkørende biler fra 0,08 til 0,14.

Ud fra et trafikikkerhedsmæssigt synspunkt skal etablering af bredde cykelfaciliteter i især 1-sporede rundkørsler således gøres med varsomhed. Modsat er breddeudvidelse noget, som sandsynligvis vil øge cyklisterne oplevet tryghed, tilfredshed og fremkommelighed.

### 8.3.3 Cykelfaciliteter i tilfarterne

For både mini- og 1-sporede rundkørsler gælder det, at risikoen for C/K-ulykker pr. mio. indkørende cykler er lavest, når der ikke er cykelbane eller -sti i de tilstødende vejgrene (0,70 og 1,29), se tabel 63. Samtidig ses det, at ulykkesrisikoen stiger, jo flere vejgrene som har cykelfaciliteter i de tilstødende veje. Dette ses for begge typer af rundkørsler. Risikoen stiger således fra 0,70 til 4,15 ved minirundkørslerne og fra 1,29 til 2,26 ved de 1-sporede rundkørsler. Forklaringen på denne sammenhæng kan være, at rundkørsler med cykelfaciliteter i tilfarterne normalt er de rundkørsler, som også har cykelfaciliteter i selve rundkørslen.

Andel vejgrene med cykelfaciliteter	Lokaliteter (mini)	Ulykker (mini)	Ulykker pr. år (mini)	Ulykker pr. mio. biler (mini)	Ulykker pr. mio. cykler (mini)	Lokaliteter (1-spor)	Ulykker (1-spor)	Ulykker pr. år (1-spor)	Ulykker pr. mio. biler (1-spor)	Ulykker pr. mio. cykler (1-spor)
0% (ingen)	50	48	0,10	0,08	<b>0,70</b>	95	105	0,12	0,08	<b>1,29</b>
25-40% af vejene	3	4	(0,18)	(0,11)	<b>(0,99)</b>	10	32	0,40	0,14	<b>1,58</b>
50-67% af vejene	15	16	0,11	0,05	<b>1,01</b>	95	207	0,24	0,10	<b>1,61</b>
75-80% af vejene	3	5	(0,17)	(0,06)	<b>(1,67)</b>	71	217	0,35	0,11	<b>1,68</b>
100% (alle veje)	14	50	0,45	0,16	<b>4,15</b>	128	358	0,34	0,11	<b>2,26</b>
I alt / Gns.	<b>90</b>	<b>123</b>	<b>0,15</b>	<b>0,09</b>	<b>1,19</b>	<b>399</b>	<b>919</b>	<b>0,27</b>	<b>0,10</b>	<b>1,78</b>

Tabel 63. Antal C/K-ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler fordelt på andel cykelfaciliteter på tilstødende veje for minirundkørsler (mini) og 1-sporede rundkørsler (1-spor). Parentes angiver estimer, som er baseret på få lokaliteter, og som derfor kan være usikre og skal bruges med varsomhed.

Det ser således umiddelbart ud til, at det ud fra et cykelsikkerhedsmæssigt synspunkt er en dårlig idé at etablere cykelfaciliteter på de tilstødende veje. Modsat er dette noget, som sandsynligvis vil øge cyklisterne oplevet trykthed, tilfredshed og fremkommelighed. Hvis der er eller skal være cykelfaciliteter i alle de tilstødende vejgrene, ser det ud til, at den 1-sporede rundkørsel er at foretrække fremfor en minirundkørsel.

#### 8.3.4 Sammenligning med litteraturen

Vores resultater stemmer overens med resultater fra flere tidligere studier, og slår endnu tydeligere fast, at cykelbane og også cykelsti, men i lidt mindre grad, og især farvet cykelbane og -sti gør det farligere for cyklisterne at cykle i rundkørslen.

Modsat finder både nærværende og tidligere studier, at bedst cykelsikkerhed fås ved blandet trafik og tilbagetrukket, separat cykelsti uden for rundkørslen. Tidligere studier har dog samtidig fundet, at disse løsninger giver forringet hhv. oplevet trykthed og fremkommelighed.

### 8.4 Betydning af detailudformning og -regulering

#### 8.4.1 Hastighedsdæmpende tiltag

De fleste byrundkørsler har en hastighedsgrænse på 50 km/t, og for de 1-sporede rundkørsler, som udgør den største del af rundkørslerne, ser det også ud til, at ulykkesrisikoen her er lavest. For 1-sporede rundkørsler ser det, som forventet, også ud til, at hastighedsdæmpende foranstaltninger som hævede flader i til- og frafarter, har en ulykkesreducerende effekt.

For minirundkørsler har det ikke på sammen måde været muligt at dokumentere en entydig sammenhæng mellem hastighedsgrænse og hastighedsdæmpende foranstaltninger og risiko for C/K-ulykker.

#### 8.4.2 Antal og vinkel af vejgrene

For 1-sporede rundkørsler findes den lavest risiko for C/K-ulykker i rundkørsler med få vejgrene, mens denne sammenhæng ikke kan dokumenteres for minirundkørsler, se tabel 64.

For alle typer rundkørsler findes det, at andel "skæve vejgrene" øger ulykkesrisikoen, og den lavest risiko findes således, når alle vejgrene er vinkelrette på hinanden, se tabel 64.

Samlet set gælder det således i forhold til sikkerheden for cyklisterne om at have så få vejgrene som muligt og så mange vinkelrette vejgrene som muligt. Dette kan imidlertid i praksis være en udfordring, da rundkørsler i nogle tilfælde netop etableres, fordi der er mange og "skæve" vejgrene.

Antal vejgrene og andel "gode" vejgrene	Lokaliteter (mini)	Ulykker (mini)	Ulykker pr. år (mini)	Ulykker pr. mio. biler (mini)	Ulykker pr. mio. cykler (mini)	Lokaliteter (1-spor)	Ulykker (1-spor)	Ulykker pr. år (1-spor)	Ulykker pr. mio. biler (1-spor)	Ulykker pr. mio. cykler (1-spor)
3 vejgrene	30	30	0,12	0,06	<b>1,27</b>	89	121	0,16	0,07	<b>1,24</b>
4 vejgrene	61	94	0,17	0,11	<b>1,17</b>	325	648	0,22	0,08	<b>1,72</b>
5 vejgrene	1	0	(0,00)	(0,00)	<b>(0,00)</b>	33	105	0,37	0,12	<b>1,91</b>
6 vejgrene	0	-	-	-	-	12	64	0,79	0,25	<b>1,65</b>
100% "gode" vejgrene	75	108	0,16	0,09	<b>1,16</b>	335	587	0,20	0,08	<b>1,55</b>
75-99% "gode" vejgrene	9	6	0,10	0,09	<b>1,14</b>	75	205	0,33	0,11	<b>1,70</b>
50-74% "gode" vejgrene	8	10	0,14	0,07	<b>1,96</b>	49	146	0,34	0,12	<b>2,13</b>
Gns. / i alt	<b>92</b>	<b>124</b>	<b>0,15</b>	<b>0,09</b>	<b>1,20</b>	<b>459</b>	<b>938</b>	<b>0,23</b>	<b>0,09</b>	<b>1,65</b>

Tabel 64. Antal C/K-ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler fordelt på antal vejgrene og andel "gode" vejgrene for minirundkørsler (mini) og 1-sporede rundkørsler (1-spor). Parentes angiver estimer, som er baseret på få lokaliteter, og som derfor kan være usikre og skal bruges med varsomhed.

### 8.4.3 Overkørselsareal

Som det fremgår af tabel 65 giver et smalt overkørselsareal (0-2 m) den laveste C/K-ulykkesrisiko ved minirundkørsler, mens et bredt overkørselsareal (4-6 m) giver den laveste C/K-ulykkesrisiko ved 1-sporede rundkørsler, se tabel 65.

Det er ikke helt entydigt, hvilken udformning og afgrænsning som giver den laveste C/K-ulykkesrisiko, men måske det er asfaltbelagt overkørselsareal med kantstensafgrænsning. Dette gælder især for 1-sporede rundkørsler, se tabel 65.

Bredde og udformning af overkørselsareal	Lokaliteter (mini)	Ulykker (mini)	Ulykker pr. år (mini)	Ulykker pr. mio. biler (mini)	Ulykker pr. mio. cykler (mini)	Lokaliteter (1-spor)	Ulykker (1-spor)	Ulykker pr. år (1-spor)	Ulykker pr. mio. biler (1-spor)	Ulykker pr. mio. cykler (1-spor)
0 (ingen)	0	-	-	-	-	63	168	0,30	0,13	<b>1,97</b>
0,01 – 1,99 m	2	1	(0,06)	(0,04)	<b>(0,42)</b>	62	152	0,30	0,12	<b>2,18</b>
2,00 – 3,99 m	36	30	0,10	0,07	<b>0,90</b>	295	571	0,22	0,08	<b>1,54</b>
4,00 – 5,99 m	47	71	0,17	0,10	<b>1,44</b>	38	42	0,13	0,04	<b>1,00</b>
6,00 – 7,99 m	7	22	0,31	0,11	<b>1,19</b>	1	5	(0,50)	(0,17)	<b>(7,29)</b>
Intet	0	-	-	-	-	63	168	0,30	0,13	<b>1,97</b>
Asfaltbelagt og afgrænset med afmærkning	4	5	(0,16)	(0,12)	<b>(1,21)</b>	34	34	0,12	0,04	<b>1,54</b>
Asfaltbelagt med sving- el. kantstensafgrænsning	12	10	0,11	0,07	<b>0,66</b>	48	48	0,12	0,04	<b>1,33</b>
Bro- el. chausséstensbelagt uden afgrænsning	28	22	0,09	0,06	<b>1,01</b>	135	303	0,25	0,10	<b>1,58</b>
Bro- el. chausséstensbelagt og afgrænset med afmærkning	25	35	0,14	0,09	<b>0,85</b>	60	130	0,25	0,09	<b>1,76</b>
Bro- eller chausséstensbelagt med sving- el. kantstensafgrænsning	23	52	0,26	0,13	<b>2,41</b>	116	254	0,26	0,10	<b>1,62</b>
Gns. / i alt	<b>92</b>	<b>124</b>	<b>0,15</b>	<b>0,09</b>	<b>1,20</b>	<b>459</b>	<b>938</b>	<b>0,23</b>	<b>0,09</b>	<b>1,65</b>

Tabel 65. Antal C/K-ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler fordelt på bredde og udformning af overkørselsareal for minirundkørsler (mini) og 1-sporede rundkørsler (1-spor). Parentes angiver estimer, som er baseret på få lokaliteter, og som derfor kan være usikre og skal bruges med varsomhed.

### 8.4.4 Bredde af cirkulationsareal

Analyser af sammenhængen mellem bredde af cirkulationsareal og C/K-ulykkesrisiko viser ingen entydig sammenhæng, når der analyseres på tværs af rundkørselstyperne. Det ser dog ud til, at

den mest sikre bredde for mini- og 1-sporet rundkørsler er 4,0-5,5 m, og 8,5-10,0 m for 1-sporet rundkørsler, hvis der er meget biltrafik.

#### 8.4.5 Diameter og højde af midterø

Minirundkørsler har pr. definition ingen midterø, og både diameter og højde af midterø er derfor nul meter for alle minirundkørslerne samtidig med, at der er frit syn gennem rundkørslerne. For 1-sporede rundkørsler er der ikke fundet nogen entydig sammenhæng mellem diameter af midterø og C/K-ulykkesrisiko. For midterøens højde ser det på den ene side ud til, at risikoen for C/K-ulykker pr. indkørende biler falder, jo højere midterøen er. På den anden side ser frit gennemsyn gennem rundkørslen ud til at reducere C/K-ulykkesrisikoen pr. indkørende cykler.

#### 8.4.6 Helleanlæg

For minirundkørsler findes den laveste C/K-ulykkesrisiko, når der ikke er helle (ingen heller og spærreflade), mens den laveste C/K-ulykkesrisiko for 1-sporede rundkørsler findes, når der er blandet heller, hvis man ser bort fra trompetheller, som der findes få af.

Helleanlæg	Lokalite-	Ulykker				Ulykker				
	ter	Ulykker	pr. år	Ulykker pr.	Ulykker pr.	Lokaliteter	Ulykker	pr. år	Ulykker pr.	Ulykker pr.
	(mini)	(mini)	(mini)	mio. biler	mio. cykler	(1-spor)	(1-spor)	(1-spor)	(1-spor)	(1-spor)
Ingen heller	27	25	0,10	0,10	0,58	69	107	0,18	0,11	<b>1,52</b>
Spærreflader	4	1	(0,03)	(0,02)	(0,23)	8	15	0,31	0,12	<b>1,46</b>
Circleheller	10	22	0,22	0,11	1,71	0	-	-	-	-
Trekantsheller	9	11	0,14	0,05	1,22	229	487	0,24	0,09	<b>1,84</b>
Parallelheller	12	36	0,36	0,16	3,58	89	261	0,33	0,10	<b>1,59</b>
Trompetheller	0	-	-	-	-	6	1	0,02	0,01	<b>0,47</b>
Blandet	30	29	0,11	0,07	1,21	58	67	0,13	0,07	<b>1,22</b>
<b>I alt / Gns.</b>	<b>92</b>	<b>124</b>	<b>0,15</b>	<b>0,09</b>	<b>1,20</b>	<b>459</b>	<b>938</b>	<b>0,23</b>	<b>0,09</b>	<b>1,65</b>

Tabel 66. Antal C/K-ulykker i alt, pr. år og pr. indkørende biler/cykler fordelt på andel cykelfaciliteter på udformning af helleanlæg for minirundkørsler (mini) og 1-sporede rundkørsler (1-spor). Parentes angiver estimater, som er baseret på få lokaliteter, og som derfor kan være usikre og skal bruges med varsomhed.

#### 8.4.7 Dobbeltrittet cykelsti

Tilslutning af en dobbeltrittet cykelsti i tillæg til vej-tilfarterne ser ud til at øge risikoen for C/K-ulykker pr. indkørende cykler i minirundkørsler. For 1-sporede rundkørsler er ulykkesrisikoen derimod samlet set den samme for rundkørsler med og uden en tilsluttet dobbeltrittet cykelsti. Skal der anlægges en rundkørsel med tilsluttet en dobbeltrittet cykelsti, er det dermed værd at overveje en 1-sporet rundkørsel fremfor en minirundkørsel.

#### 8.4.8 Fodgængerfelter

For alle rundkørselstyper er det fundet, at fodgængerfelter på tværs af tilfarterne generelt øger risikoen for C/K-ulykker pr. indkørende cykler. Antallet af fodgængerfelter bør således af hensyn til de cyklendes sikkerhed begrænses. Modsat er dette tiltag et tiltag, som kan have vigtig betydning for de gående, i særlig grad for børn, ældre og funktionshæmmede.

#### 8.4.9 Sammenligning med litteraturen

Tidligere anbefalinger og ulykkestudier om detailudformningen af rundkørsler har primært omhandlet antal og udformning af vejgrene samt diameter og højde af midterø.

Tidligere studier har, som i denne, fundet, at færrest antal vejgrene samt vinkelrette vejgrene giver bedst trafiksikkerhed for cyklisterne. De vinkelrette tilslutninger kan virke hastighedsdæmpende på bilerne, og giver i udgangspunktet også gode oversigtsforhold.

Angående udformning af midterøen har tidligere studier fundet, at diameteren bør være under 30-40 m for ikke at få en for stor og dynamisk rundkørsel. I nærværende undersøgelse har vi ikke kunnet dokumentere tilsvarende sammenhæng i forhold til C/K-ulykkesrisiko pr. indkørende

cykler, men i forhold til C/K-ulykkesrisikoen pr. indkørende biler ser vi, at den stiger markant, når diameteren bliver større end 40 m.

Angående højde af midterøen har tidligere studier fundet, at den bedste sikkerhed opnås, når midterøen er høj, da en høj midterø gør, at trafikanterne ikke kan se gennem rundkørslen, hvilket kan virke hastighedsdæmpende. I nærværende undersøgelse er det også fundet, at høj midterø giver lavest C/K-ulykkesrisiko pr. indkørende biler. Vi har dog også fundet lavest risiko ved frit syn gennem rundkørslen, hvilket ikke umiddelbart stemmer overens med høje midterøer. Dette kan dog hænge sammen med, at de høje midterøer er "gennemsigtig" i form af beplantning og lignende, som man kan se igennem. Det betyder, at forklaringen om, at de høje midterøer giver bedre sikkerhed, fordi de giver dårligere oversigt, ikke helt holder stik her. Derimod kan forklaringen være, at høje midterøer gør rundkørsler lettere at erkende for trafikanterne.

## 8.5 Opsummering af de sammenlignende analyser

Den samlede analyse af de forskellige typer rundkørsler og sammenligning med litteraturen viser overordnet følgende mht. C/K-ulykkesrisikoen.

For alle rundkørsler er det fundet, at mere biltrafik øger risikoen for C/K-ulykker, mens mere cykeltrafik reducerer risikoen. Dette er i overensstemmelse med tidligere studier. Lavest ulykkesrisiko findes således, når der er lidt biltrafik og meget cykeltrafik, mens højest risiko findes, når der modsat er meget biltrafik og lidt cykeltrafik.

Bedst sikkerhed for cyklisterne findes ved enten ingen cykelfaciliteter før, i og efter rundkørslen, eller ved separat, tilbagetrukket cykelsti. Dårligst sikkerhed fås således, når der er cykelbane og cykelsti i rundkørslen og i tilfarterne, og i særlig grad, hvis disse er farvet. Dette stemmer overens med resultater fra tidligere undersøgelser.

Få og vinkelrette vejgrene giver generelt lavest C/K-ulykkesrisiko, og bør således tilstræbes. Dette stemmer overens med litteraturen.

Rundkørsler med ingen eller få fodgængerfelter har lavest risiko for både ulykker generelt og C/K-ulykker og både pr. indkørende cykler og pr. indkørende biler. Antallet af fodgængerfelter bør således af hensyn til de cyklendes sikkerhed begrænses. Modsat har dette tiltag vigtig betydning for de gående.

Det er ikke entydigt, hvilken udformning af selve rundkørslen som giver lavest C/K-ulykkesrisiko. Bredden af cirkulationsarealet bør være 4-5,5 m ved minirundkørsler og 1-sporede rundkørsler med lidt biltrafik, men noget bredere i 1-sporede rundkørsler med meget biltrafik. Midterøen bør være høj, men "gennemsigtig" ved 1-sporede rundkørsler. Det er tvetydigt om rundkørslerne skal have stor eller lille diameter. Overkørselsarealet bør være smalt i minirundkørsler og bredt i 1-sporede rundkørsler, men det er tvetydigt, hvordan det bør belægges og afgrænses. Minirundkørsler bør ikke have helleanlæg, mens det ved 1-sporede rundkørsler er mindre forskel på sikkerhedsniveauet for forskellige typer helleanlæg.

2-sporede rundkørsler har en 2-3 gange højere C/K-ulykkesrisiko end de to andre typer rundkørsler, og det bekræfter således, at 2-sporede rundkørsler med cykler i cirkulationsarealet generelt er en sikkerhedsmæssig dårlig løsning for cyklister. I modsætning til resultater fra tidligere studier synes minirundkørsler derimod at være en god sikkerhedsmæssig løsning for cyklister, hvor C/K-ulykkesrisikoen pr. indkørende cykler f.eks. er en anelse mindre end for 1-sporede rundkørsler.



## 9 Konklusion og diskussion

Nærværende rapport, lavet for Vejdirektoratet, beskriver en undersøgelse af den trafikikkerhedsmæssige effekt af forskellige varianter af byrundkørsler for cyklister.

### 9.1 Formål og metode

Formålet med nærværende projekt har primært været at undersøge, hvilken betydning den konkrete fysiske udformning og regulering af byrundkørsler, herunder cykelfaciliteter, samt bil- og cykeltrafikken har for sikkerheden for cyklister og knallertkørere.

Med udgangspunkt i denne undersøgelse har formålet været at komme med anbefalinger, der kan inkluderes i vejreglerne, og som giver brugerne bedre rådgivning om, hvordan man kan bygge rundkørsler i byområder, som er sikre for cyklister og knallertkørere.

Projektet har bestået af 1) et litteraturstudie med gennemgang af relevante danske og udenlandske anbefalinger, erfaringer og studier og 2) en kategoribaseret ulykkesanalyse af sammenhængen mellem ulykker, udformning og trafik i 564 analyse-rundkørsler.

### 9.2 Opsummering og diskussion af ulykkesanalyse og litteraturstudie

#### 9.2.1 Mini- og 1-sporede rundkørsler

Fokus i nærværende projekt har været mini- og 1-sporede rundkørsler, da antallet af disse typer rundkørsler er langt det største. For disse har minirundkørsler en lavere gennemsnitlig C/K-ulykkesrisiko pr. mio. indkørende cykler end 1-sporede rundkørsler (1,2 vs. 1.65). Det bedre gennemsnitlige sikkerhedsniveau kan dog bl.a. hænge sammen med generelt mindre biltrafik samt omfang og udformning af cykelfaciliteter i minirundkørslerne. Ses der på C/K-ulykkesrisiko pr. indkørende biler, er den gennemsnitlige risiko den samme for de to typer (0,09). Et tidligere dansk studie har fundet, at minirundkørsler har højere ulykkesrisiko end 1-sporede rundkørsler, men forskellen kan bl.a. forklares med, at dette studie ser på alle ulykker pr. indkørende biler, mens fokus her er risiko for C/K-ulykker pr. indkørende cykler.

2-sporede rundkørsler har en 2-3 gange så høj C/K-ulykkesrisiko som de to andre typer rundkørsler. Dette bekræfter således anbefalinger og resultater fra tidligere studier om, at 2-sporede rundkørsler med cyklister i cirkulationsarealet er en sikkerhedsmæssig dårlig løsning for cyklister.

#### 9.2.2 Cykeltrafik

I overensstemmelse med tidligere studier viser nærværende ulykkesanalyser med stor tydelighed, at mere biltrafik øger risikoen for C/K-ulykker, mens mere cykeltrafik reducerer risikoen. Lavest ulykkesrisiko findes således, når der er lidt biltrafik og meget cykeltrafik, mens højest risiko findes, når der modsat er meget biltrafik og lidt cykeltrafik.

#### 9.2.3 Fuldstændig integration og separation

Bedst sikkerhed for cyklisterne findes ved enten 100 % integration med biltrafikken før og i rundkørslen, dvs. ingen cykelfaciliteter, eller ved 100 % separation, dvs. separat, tilbagetrukket cykelsti (eller niveaufri skæring, som dog sjældent er en realistisk/mulig løsning i by). Dårligst sikkerhed fås således, når der er cykelbane og cykelsti i rundkørslen og i tilfarterne, og i særlig grad, hvis disse er farvet. Bemærk, at den negative sikkerhedseffekt gælder for brugen af cykelbane og -sti i forbindelse med selve rundkørslen, og ikke på strækningerne mellem krydsene. Disse resultater er i god overensstemmelse med nuværende anbefalinger og resultater fra tidligere studier, men effekterne bliver her slået endnu tydeligere fast.

De gode sikkerhedsmæssige løsninger er imidlertid noget, som typisk medfører enten lav oplevet tryghed og tilfredshed eller dårlig cykelfremkommelighed. Det første gælder, når der er ingen cykelfaciliteter i rundkørslen, hvor de cyklende bliver blandet med biltrafikken, mens det

andet gælder for separate, tilbagetrukne cykelstier, hvor cyklisterne både får en lille omvej og typisk også får vigepligten.

#### 9.2.4

### To paradokser

Disse sammenhænge mellem cykeltrafik, cykelfaciliteter og sikkerhed kan også opsummeres i følgende to paradokser:

- Jo mere man gør for at forbedre forholdene for cyklisterne i form af cykelbane og -sti samt farvet og bredere cykelfaciliteter, jo større ulykkesrisiko bliver der for den enkelte cyklist.
- Jo flere der cykler, jo sikrere bliver det at cykle, det såkaldte "Safety in Numbers" fænomen. Men for at få flere til at cykle, skal man typisk forbedre forholdene for cyklisterne ved brug af netop cykelbane og -sti, som i sig selv forringer sikkerheden.

Med andre ord; brug af sikrere løsninger kan reducere antal cykelulykker, men samtidig få færre til at cykle, mens brugen af mindre sikre løsninger kan give flere ulykker, men samtidig få flere til at cykle. Så hvad er vigtigst; trafiksikkerhed eller miljø/klima og folkesundhed? Det skal her bemærkes, at den positive sikkerhedseffekt af den evt. merskabte cykeltrafik ved brug af populære løsninger som cykelbane og -sti kan medvirke til at "eliminere" den negative sikkerhedseffekt af selve løsningerne. Spørgsmålet er bare, om den kan overvinde den helt?

Med atter andre ord; en mulig vej gennem dilemmaet kan være at satse så meget og systematisk på forbedring af forholdene for cyklisterne, at der bliver så mange cyklister, at den positive "Safety in Numbers" sikkerhedseffekt af disse "overtrumfer" den negative sikkerhedseffekt af cykelfaciliteterne. Det skal ud fra en sådan tankegang, således blive sikkerhedsmæssigt værre (på kort sigt), før det bliver bedre (på lang sigt). Hvor meget der skal satses på forbedring af forholdene for cyklisterne, at det giver så meget merskabt cykeltrafik, at "Safety in Numbers" sikkerhedseffekten overvinder den negative sikkerhedseffekt af cykelfaciliteterne, giver nærværende undersøgelse ikke umiddelbart svar på.

#### 9.2.5

### Hastighedsdæmpende tiltag

De fleste byrundkørsler har en 50 km/t-hastighedsgrænse. Det er derfor vanskeligt at undersøge effekten af hastighedsgrænse. I overensstemmelse med tidligere studier ser det dog ud til, at hastighedsdæmpende foranstaltninger, som hævede flader i til- og frafarter, har en C/K-ulykkesreducerende effekt.

#### 9.2.6

### Vejgrene

Overordnet set giver få og vinkelrette vejgrene lavest C/K-ulykkesrisiko, hvilket stemmer overens med nuværende anbefalinger og tidligere studier. Få og vinkelrette vejgrene bør således tilstræbes, men kan imidlertid i praksis være en udfordring at sikre, da rundkørsler i nogle tilfælde netop etableres, fordi der er mange og "skæve" vejgrene, og fordi det derfor kan være vanskeligt at etablere andre typer kryds.

#### 9.2.7

### Fodgængerfelter

Fodgængerfelter på tværs af vejgrenene øger generelt C/K-ulykkesrisikoen. Antallet af fodgængerfelter på vejgrenene bør således af hensyn til de cyklendes sikkerhed begrænses. Modsat er dette et tiltag, som kan have vigtig betydning for de gående, i særlig grad for børn, ældre og funktionshæmmede.

#### 9.2.8

### Udformning af selve rundkørslen

Mens det ved trafik, hastighed, brug af cykelfaciliteter og udformning af vejgrenene i rundkørslerne er relativ entydigt, hvad som giver bedst sikkerhed for cyklisterne, er det mindre entydigt, hvilken detailudformning af selve rundkørslen, som giver lavest C/K-ulykkesrisiko. Et forsigtig og usikkert bud kan være følgende.

Bredden af cirkulationsarealet bør være 4-5,5 m ved minirundkørsler og 1-sporede rundkørsler med lidt biltrafik, men noget bredere i 1-sporede rundkørsler med meget biltrafik. Midterøen bør

være høj, men "gennemsigtig" ved 1-sporede rundkørsler. Det er tvetydigt, om rundkørslerne skal have stor eller lille diameter. Overkørselsarealet bør være smalt i minirundkørsler og bredt i 1-sporede rundkørsler, men det er tvetydigt, hvordan det bør belægges og afgrænses.

For minirundkørsler findes den laveste C/K-ulykkesrisiko, når der ikke er helleanlæg. For 1-sporede rundkørsler er der ikke betydelige forskelle på ulykkesrisikoen for forskellige typer helleanlæg.

### 9.2.9 Ikke sammenlignet med andre krydstyper

Det er vigtigt at påpege, at nærværende undersøgelse kun omhandler rundkørsler, og hvordan disse gøres så sikre som muligt for de cyklende. Undersøgelsen siger således ikke noget om, hvorvidt f.eks. en rundkørsel med cykelfaciliteter er mere eller mindre sikker end andre krydstyper.

Selvom en rundkørsel med cykelfaciliteter er mindre sikker end en rundkørsel uden faciliteter, kan den jo måske godt være mere sikker end andre krydstyper, og derfor et muligt godt kompromis mellem sikkerhed og tryghed/fremkommelighed for cyklisterne. Jensen (2013a) har imidlertid fundet, at ombygning fra kryds til rundkørsler generelt forringer sikkerheden for de cyklende. Som tidligere beskrevet, er der i undersøgelsen fra 2013 ikke på samme måde som her taget hensyn til omfanget af indkørende cyklister, hvilket kan have indflydelse på resultaterne. Dette er derfor et spørgsmål, som bør udforskes yderligere.

## 9.3 Konklusion - Cykelsikker udformning

Svaret på spørgsmålet om, hvordan rundkørsler i byer skal udformes, så sikkerheden for cyklisterne bliver størst mulig, kan sammenfattende formuleres som:

- Rundkørslen kan både udformes som minirundkørsel og 1-sporet rundkørsel, mens 2-sporet rundkørsler med cyklister i cirkulationsarealet skal undgås.
- Cykelfaciliteter før og i selve rundkørslen bør undgås, hvilket gælder både cykelbane og også cykelsti, og i særlig grad farvet cykelbane og -sti.
- Cykelfaciliteteret i rundkørsler bør laves som separate, tilbagetrukket cykelstier.
- Antal vejgrene bør minimeres til maksimalt fire, og vejgrene bør være vinkelrette.
- Der bør ikke etableres fodgængerfelter på tværs af tilfarterne, hvis man alene skal tilgodese cyklister og knallertkørere.
- Der kan med fordel etableres hastighedsdæmpende foranstaltninger i til- og frafarter.

Det er derimod vanskeligt at give et entydigt svar på, hvordan helleanlæg, midterø, cirkulationsareal og overkørselsareal bør udformes. Nogle mulige svar, som dog skal udforskes noget mere kan være følgende: Minirundkørsler bør sandsynligvis ikke have helleanlæg. Diameter på midterø bør sandsynligvis være under 40 m, og den bør sandsynligvis være høj, men "gennemsigtig" ved 1-sporede rundkørsler. Bredden af cirkulationsarealet bør sandsynligvis være 4-5,5 m ved minirundkørsler og 1-sporede rundkørsler med lidt biltrafik, men noget bredere i 1-sporede rundkørsler med meget biltrafik. Overkørselsarealet bør sandsynligvis være smalt i minirundkørsler og bredt i 1-sporede rundkørsler.

Dette er svarene, hvis man udelukkende har trafiksikkerhed for cyklister og knallertkørere for øje. Hvis man også har andet for øje som f.eks. oplevet tryghed og fremkommelighed, bliver det straks mere kompliceret. Dette skyldes, at flere af løsningerne, som giver dårligst trafiksikkerhed som cykelbane, cykelsti og farvet infrastruktur før og i rundkørslen, samtidig er de løsninger, som typisk er mest populære hos cyklisterne, og som således giver størst oplevet tryghed og fremkommelighed. På samme måde er fodgængerfelter i tilfarterne, som forværre cyklisters og knallertkøreres sikkerhed, noget som kan være et centralt tiltag for de krydsende forgængere. En tredje udfordring er at sikre få og vinkelrette vejgrene, idet rundkørsler i nogle tilfælde netop etableres, fordi de kan være eneste eller bedste løsning, når der er mange og skæve vejgrene.

Det påpeges, at nærværende undersøgelse primært forholder sig til sikkerheden for cyklister og knallertkørere. Overvejelser om den samlede trafiksikkerhed i rundkørsler set i forhold til trafikmængder og udformning har haft mindre fokus i gennemgangene.

## 9.4 Metodevurdering

Denne undersøgelse er af flere grunde en data- og metodestærk undersøgelse:

- Den inkluderer hele 564 analyse-rundkørsler fra både det statslige og det kommunale vejnet i 73 kommuner og er således både omfattende og repræsentativ.
- Der er registreret mange vejudformnings- og reguleringsdata om hver eneste rundkørsel, hvilket gør det muligt at analysere effekten af mange forskellige parametre.
- Den inkluderer både personskade- og materielskadeulykker samt ekstraheld for i gennemsnit ca. ni år for hver eneste rundkørsel.
- Der er indhentet eller vurderet både bil- og cykeltrafiktal for hver eneste vejgren i alle rundkørslerne, og især den omfattende inkludering af cykeltrafiktal gør undersøgelsen unik og metodemæssigt bedre end andre lignende undersøgelser, som ikke har trafiktal med eller maksimalt kun har biltrafiktal med.

Selvom det er et metodestærkt studie, er der også nogle punkter, som kan give anledning til metodemæssig diskussion. Sådanne punkter vurderes nærmere i det følgende.

### 9.4.1 Kategoribaseret ulykkesanalyse

Undersøgelsen er lavet som en kategoribaseret risikoberegning, hvor sammenhængen mellem ulykker og forskellige vejudformningsparametre og trafik er analyseret. Udfordringen ved denne metode fremfor f.eks. at lave en ulykkesmodel, er, at hver parameter i udgangspunktet analyseres enkeltvis. Mange parametre hænger imidlertid tæt sammen, og forklaringen på f.eks. en høj C/K-ulykkesrisiko, kan således være, at parameteren "hænger sammen" med en anden parameter, som egentlig er den parameter, som giver høj risiko.

### 9.4.2 Fokus på cykel- og knallertulykker

Nærværende undersøgelse forholder sig primært til sikkerheden for cyklister og knallertkørere, og i gennemgangen af analyseresultater har der været begrænset fokus på den samlede sikkerhed. Overvejelser om trafiksikkerheden for alle trafikanterne i rundkørsler set i forhold til trafikmængder og udformning bør dog altid indgå i betragtning, når der etableres rundkørsler.

### 9.4.3 Udelukkende rundkørsler

I dette projekt er det udelukkende forskellige varianter af rundkørsler som analyseres. Det betyder, at undersøgelsen ikke giver svar på, om disse er mere eller mindre sikre end andre krydstyper.

### 9.4.4 Betydning af at gætte på trafiktal

Det unikke ved denne undersøgelse er, at der både er inkluderet bil- og cykeltrafiktal for alle 2218 tilfarter i rundkørslen. Dette er dog samtidig en datamæssig udfordring, da der ikke er foretaget trafiktællinger i alle tilfarter. Det er især cykeltællinger, som mangler. Det har derfor været nødvendigt at foretage en fagvurdering af cykel- og/eller biltrafikken. I metodekapitlet (kapitel 4.5) er det beskrevet, hvor mange tilfarter denne vurdering er foretaget for og hvordan.

Det er selvfølgelig at foretrække at have præcise tal, dvs. trafiktællinger, for alle tilfarterne, men undersøgelsesdesignen er tilrettelagt således, at præcise tal ikke er en forudsætning for at kunne gennemføre undersøgelsen, og at gode fagvurderinger således også er brugbare:

- **Kategorisering:** I kategoriseringen er rundkørslerne inddelt i "grove" trafikintervaller.
- **Analyse:** I analyserne foretages der ikke beregninger for enkelte tilfarter, men derimod for en større gruppe af rundkørsler, hvor trafiktal fra mange tilfarter summeres. Denne summe-

ring vil således typisk indeholde tilfarer med både 1) trafiktællinger, 2) trafikvurderinger fra aktuel kommune og 3) trafikvurdering fra Via Trafik. Trafikvurderingerne fra flere kommuner og fra Via Trafik er typisk foretaget i dialog mellem to eller flere fagpersoner og efter en relativ omfattende og systematisk metode. Når der foretages sådanne vurderinger af trafik-tal for flere tilfarer, vil man nogle gange vurdere lidt for højt og andre gange lidt for lavt, så gennemsnittet, som bruges, vil sandsynligvis ikke være langt fra det faktiske tal.

- **Resultat:** Resultaterne af analyserne er sammenfattet i en række resultattabeler, der ulykker pr. år og pr. indkørende biler og cykler er angivet. Det er dog ikke selve tallene, der er fokuseret på i gennemgangene, men derimod hvilke risikotal der er større eller mindre end de andre, dvs. hvilke løsninger der er mere eller mindre sikre end andre. Og her er der typisk så store forskelle, at lidt usikkerhed i selve tallene ikke har nogen afgørende betydning.

#### 9.4.5

### Betydning af at nogle rundkørsler er med flere gange

I undersøgelsen indgår 519 byrundkørsler. Nogle af disse rundkørsler er blevet ombygget i analyseperioden, og det er her valgt at inkludere sådanne rundkørsler som to (eller tre, hvis de er ombygget to gange) unikke rundkørsler. Undersøgelsen omfatter derfor i alt 564 analyse-rundkørsler. 40 rundkørsler er således med 2-3 gange i undersøgelsen.

Man kan forestille sig, at disse eller nogle af disse rundkørsler er blevet ombygget, fordi de var særlig ulykkesbelastede. At inkludere disse 40 "førperioder" kan derfor tænkes at kunne have indflydelse på det samlede resultatet. For at vurdere dette har vi fjernet disse 40 "førperioder" fra datasættet, så det udelukkende består af i alt 519 unikke rundkørsler. For disse rundkørsler er alle de samme analyser, som er foretaget i det forrige for de 564 rundkørsler, gennemført, og der er foretaget en overordnet sammenligning af resultaterne af analyserne af de to datasæt.

For minirundkørslerne er der ingen forskel i det overordnede antal ulykker pr. år, pr. indkørende biler eller pr. indkørende cykler. For 1-sporede rundkørsler er antallet af ulykker en anelse lavere, når de 40 rundkørsler med førperioder er fratrukket, men der er tale om små nuanceforskelle. C/K-ulykker pr. år, pr. mio. indkørende biler og pr. mio. indkørende cykler er således hhv. 0,21 vs. 0,23; 0,08 vs. 0,09, og 1,61 vs. 1,65. Gennemgangen af de forskellige analyser mht. trafik, cykel-faciliteter, tilslutninger og udformning af selve rundkørslen viser også helt samme mønster mht., hvilke løsninger der er mest og mindst sikre for cyklisterne, og der er typisk kun en forskel i C/K-ulykkesrisiko pr. mio. indkørende cykler på 0,03-0,05 og maksimalt på 0,10.

#### 9.4.6

### Betydning af primært at analysere materiel- og personskadeulykker

I undersøgelsen er der foretaget samlede analyser af materiel- og personskadeulykker. C/K-ulykker og ulykker generelt med personskade er selvfølgelig mere vigtige at forebygge end de mindre alvorlige materielskadeulykker. Et vigtigt spørgsmål er derfor, om man ser de samme mønstre mht., hvilke løsninger og udformninger som er mest og mindst sikre for cyklisterne, hvis man udelukkende ser på personskadeulykker fremfor person- og materielskadeulykker.

For at vurdere dette er der foretaget analyser udelukkende for personskadeulykker. Der er her foretaget alle de samme analyser, som er foretaget i det forrige for person- og materielskadeulykker, og der er foretaget en sammenligning af resultaterne af analyserne af de to datasæt.

Denne supplerende analyse er selvfølgelig baseret på et markant mindre datasæt og er derfor mere usikker. Samtidig vil alle risikotallene selvfølgelig være noget mindre, da de kun er baseret på en 24 % delmængde af alle ulykkerne. Tallene kan således ikke direkte sammenlignes, men det, som er vigtigst, er at se, om mønstrene er de samme, dvs. hvilke tiltag, faciliterer og udformning, der giver højere og lavere ulykkesrisikotal end andre. Sammenligningen er kun meningsfuld at foretage for 1-sporede rundkørsler, da der er for få personskadeulykker i de andre typer rundkørsler til at lave denne type analyse.

Overordnet set viser denne supplerende analyse helt samme mønstre som analysen med person- og materielkadeulykker. En enkelt forskel er dog, at farvet cykelfaciliteter ikke ser ud til at øge C/K-ulykkesrisikoen yderligere i forhold til tilsvarende ikke farvet cykelfaciliteter.

## 9.5

### Forslag til supplerende undersøgelser

Nærværende undersøgelse giver flere svar på, hvordan rundkørsler skal etableres i byer af hensyn til trafiksikkerhed for cyklister. Undersøgelsen giver imidlertid også anledning til at stille en række nye opfølgende spørgsmål, som ikke bliver besvaret. De vigtigste spørgsmål, som bør undersøges i en eller flere opfølgende studier er:

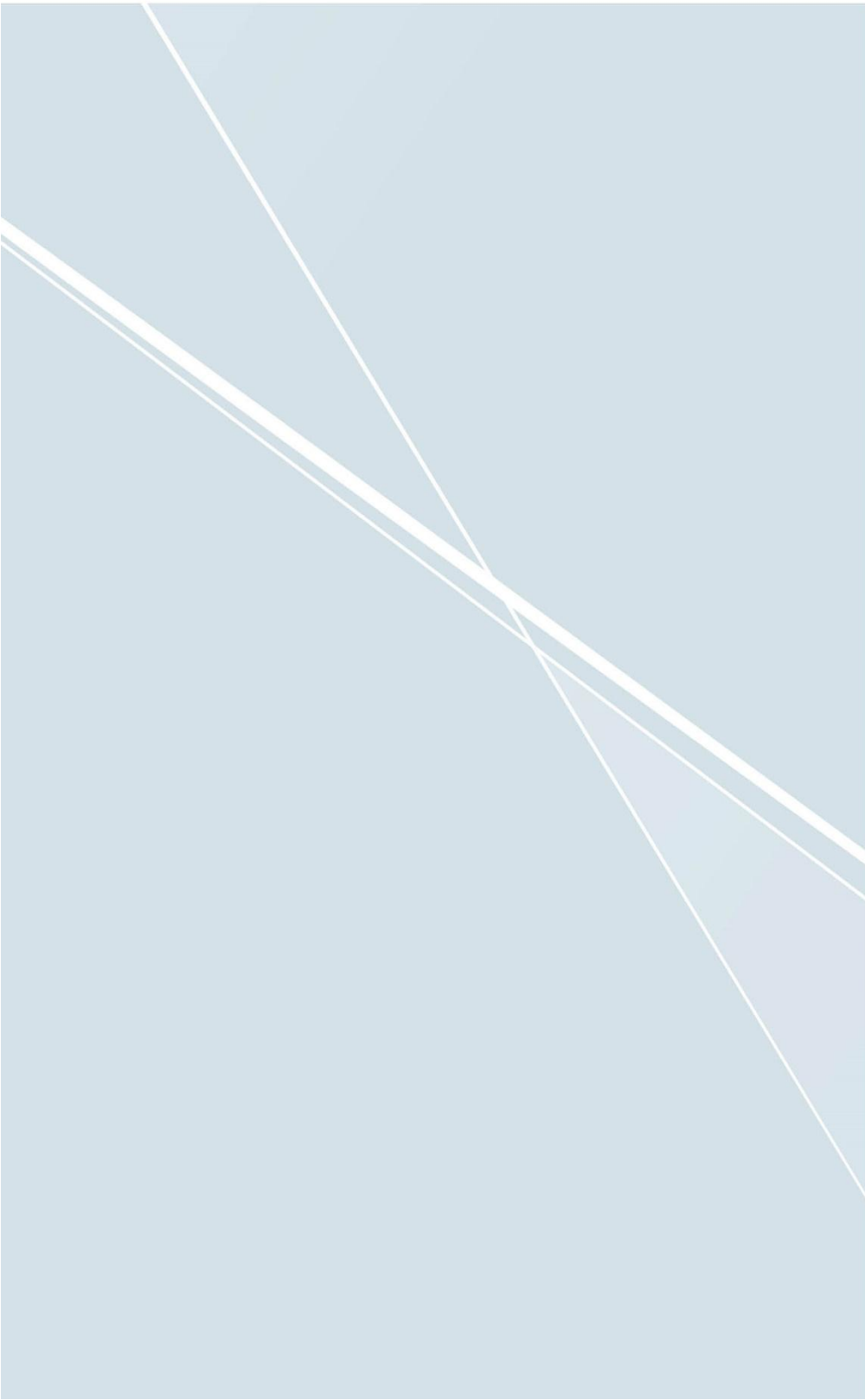
- Hvilken sammenhænge får man mellem C/K-ulykkesrisiko, trafik og vejudformning, hvis der fremfor en kategoribaseret analyse laves en ulykkesmodel?
- Hvad er sikkerhedsniveauet for cyklister i rundkørsler i byer i sammenligning med andre krydstyper som tre- og firbenet kryds med/uden signalregulering?
- Hvad er effekten af forskellige udformninger og brug af cykelfaciliteter i rundkørsler i byer på cyklisternes oplevet tryghed, tilfredshed og fremkommelighed, og er dette noget som kan medvirke til at få flere eller færre til at cykle?
- Hvad vil resultaterne af undersøgelsen blive, hvis de relativt få politiregistrerede ulykkesdata suppleres med ulykker fra andre datakilder især skadesdata fra akutmodtagelse?
- Hvad er ulykkesmekanismerne i rundkørslerne, og hvorfor sker der f.eks. flere/færre C/K-ulykker ved nogle udformninger end andre, og kan der gøre noget mere/andet for at justere detailudformningen for at reducere disse problemer? Dette er noget, der kan undersøges ved videooptagelse og -analyse af adfærd, interaktion og konflikter i rundkørsler mellem cyklister og andre trafikanter.

## Referenceliste

- Arnold, L., Flannery, A., Ledbetter, L., Bills, T., Jones, M., Ragland, D., & Spautz, L. (2013). Identifying Factors that Determine Bicyclist and Pedestrian-Involved Collision Rates and Bicyclist and Pedestrian Demand at Mulgi-Lane Roundabouts. Safe Transportation Research & Education Center.
- Austrroads. (2015). Guide to Road Design Part 4B - Roundabouts. Sydney: Austrroads.
- Austrroads. (2020). Guide to Traffic Management: Intersections, Interchanges and Crossings Management. Sydney: Austrroads.
- Brilon, W. (2005). Roundabouts: A State of the Art in Germany. Bochum: Ruhr-Universität Bochum.
- CROW. (2016). Design Manual for Bicycle Traffic. Ede: CROW.
- CROW. (02. 06 2020). About CROW. Hentet fra crow.nl: <https://www.crow.nl/english-summary>
- Daniels, S., Brijs, T., Nuyts, E., & Wets, G. (2009). Injury crashes with bicyclists at roundabouts: influence of some location characteristics and the design of cycle facilities. Journal of Safety Research.
- Daniels, S., Brijs, T., Nuyts, E., & Wets, G. (2011). Extended prediction models for crashes at roundabouts. Safety Science.
- Daniels, S., Brijs, T., Nuyts, E., & Wets, G. (2010). Explaining variation in safety performance of roundabouts. Accident Analysis and Prevention.
- Daniels, S., Nuyts, E., & Wets, G. (2008). The effects of roundabouts on traffic safety for bicyclists: An observational study.
- Dijkstra, A. (2005). Rotondes met vrijliggende fietspaden ook veilig voor fietsers. SWOV.
- Elvik, R. (2015). Trafiksikkerhetshåndboken - 1.6 Rundkjøringer. TØI.
- FGSV. (2006). Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen. Köln: FGSV.
- FGSV. (2006a). Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehrsplätzen. Köln: FGSV.
- Harper, N., & Dunn, R. (2005). Accident prediction models at roundabouts. Melbourne, Australien: ITE Annual Meeting.
- Hels, T., & Møller, M. (2007). Cyklistsikkerhed i rundkørsler. Danmarks Transportforskning.
- Highways England. (2020). Designing for Cycle Traffic - CD195. Highways England.
- Highways England. (2020a). Geometric design of roundabouts - CD 116. Highways England.
- Hydén, C., & Várhelyi, A. (2000). The effects on safety, time consumption and environment of large scale use of roundabouts in an urban area: a case study. Accident Analysis and Prevention.
- Høye, A. (2017). Trafiksikkerhet for syklister. TØI.
- Høye, A., Sørensen, M., & de Jong, T. (2015). Separate sykkelanlegg i by. TØI.
- Jensen, S. (2013a). Cyklisters sikkerhed i rundkørsler. Trafitec.
- Jensen, S. (2013b). Evaluering af effekter af rundkørsler med forskellig udformning - del 2. Trafitec.

- Jensen, S., & Madsen, P. (2012). Rundkørsler, sikkerhed og cyklister. Trafitec.
- Jørgensen, E., & Jørgensen, N. (2002). Trafiksikkerhed i rundkørsler i Danmark. Vejdirektoratet.
- Montonen, S. (2008). Kiertoliitymien turvallisuus. Tiehallento.
- NCHRP. (2010). Roundabouts: An Informational Guide - Second Edition. Washington DC: NCHRP.
- Rodegerdts, L., Blogg, M., Wemple, E., Myers, E., Kyte, M., Dixon, M., . . . Carter, D. (2007). Roundabouts in the United States. National Cooperative Highway Research Program.
- Royal HaskoningDHV. (2009). Roundabouts - Application and design. Ministry of Infrastructure and Water Management.
- Schoon, C., & van Minnen, J. (1993). Ongevallen op rotondes II. SWOV.
- Spahn, V., & Bäumlner, G. (2007). Sicherheit von Kreisverkehrsplätzen und Lichtzeichenanlagen in Bayern. Strassenverkehrstechnik.
- Statens vegvesen. (2013). Sykkelhåndboka. Statens Vegvesen.
- Statens vegvesen. (2019). Veg- og gateutforming. Statens Vegvesen.
- SWOV. (02. 06 2020). Fact sheet - Roundabouts. Hentet fra swov.nl: <https://www.swov.nl/en/facts-figures/factsheet/roundabouts>
- Trafikverket & Sveriges Kommuner och Landsting. (2010). GCM-Handbok.
- Trafikverket & Sveriges Kommuner och Landsting. (2015). Vägars och gators utformning i tätort.
- Turner, S., Roozenburg, A., & Smith, A. (2009). Roundabout crash prediction models. NZ Transport Agency.
- Vejdirektoratet. (2014). Håndbog i trafiksikkerhed. Vejdirektoratet.
- Vejdirektoratet. (2017). Grundlag for udformning af trafikarealer. Vejdirektoratet.
- Vejdirektoratet. (2017a). Trafiksikkerhedsprincipper. Vejdirektoratet.
- Vejdirektoratet. (2018). Vejkryds i byer. Vejdirektoratet.
- Vejdirektoratet. (2019). Rundkørsler i åbent land. Vejdirektoratet.





---

**Via Trafik Rådgivning A/S**

Søvej 13 B 3460 Birkerød

T.: 4820 9000

E.: [via@via trafik.dk](mailto:via@via trafik.dk)

[www.via trafik.dk](http://www.via trafik.dk)

CVR. nr.: 25115708

**Via Trafik Aarhus**

Inge Lehmanns Gade 10, 7. sal

DK-8000 Aarhus C

T.: 8626 6070

E.: [via@via trafik.dk](mailto:via@via trafik.dk)