

Sikre rundkørsler

Projektet Cyklisters sikkerhed i rundkørsler har gennem flere studier sat fokus på rundkørsler og trafikikkerhed. Artiklen beskriver sikre design for både cyklister og andre trafikanter af minirundkørsler, 1-sporede rundkørsler og flersporede rundkørsler. Der gives indblik i, hvilke kryds der med en sikkerhedsmæssig fordel kan ombygges til rundkørsler.

Af Søren Underlien Jensen, Trafitec
 suj@trafitec.dk

Indledning

Trafitec har udgivet en sammenfatningsrapport af projektet *Cyklisters sikkerhed i rundkørsler*, der er finansieret af *Cykelpuljen*. Sammenfatningsrapporten er baseret på fire studier [5]. I et litteraturstudie er over 100 undersøgelser om rundkørsler og trafikikkerhed blev gransket. I en før-efter uheldsevaluering af 332 ombygninger af kryds til rundkørsler i Danmark er de sikkerhedsmæssige effekter studeret i to omgange. Og endelig er uheldsmodeller for rundkørsler udarbejdet på basis af data om 375 rundkørsler i Danmark.

Samtlige rundkørsler, der fandtes pr. 1. januar 2010 i 72 af de 98 danske kommuner, er blevet registreret. Figur 1 viser udviklingen i antallet af rundkørsler. Ved starten af 1995 var der 342 rundkørsler. I perioden 1995-2009 er 817 rundkørsler blevet etableret, så der ved starten af 2010 i alt var 1.159 rundkørsler i de 72 kommuner. Det formodes, at der pr. 1. januar 2010 fandtes ca. 1.450 rundkørsler i hele Danmark.

Blandt de 817 rundkørsler, der blev etableret i 1995-2009, indgår kun 332 i før-efter uheldsevalueringen. Et krav i før-efter uheldsevalueringen var, at der samtidig med etablering af rundkørslen ikke må have været anlagt nye veje, der fører ind i rundkørslen. Der skulle altså være tale om en ombygning af et eksisterende kryds med fx fire vejben til en rundkørsel med fire vejgrene. Langt de fleste af de 485 rundkørsler, der blev etableret i årene 1995-2009, men som ikke indgår i evalueringen, er anlagt i forbindelse med anlæg af nye veje.

Kun rundkørsler, som var etableret ved indgangen til år 2004, og som ikke blev ombygget i årene 2004-2010, indgår i uheldsmodeller for rundkørsler. I 2004 var der 775 rundkørsler i de 72 kommuner, dog blev 23 ombygget. Af de resterende 752 haves dog kun oplysninger om trafikmængder for 375

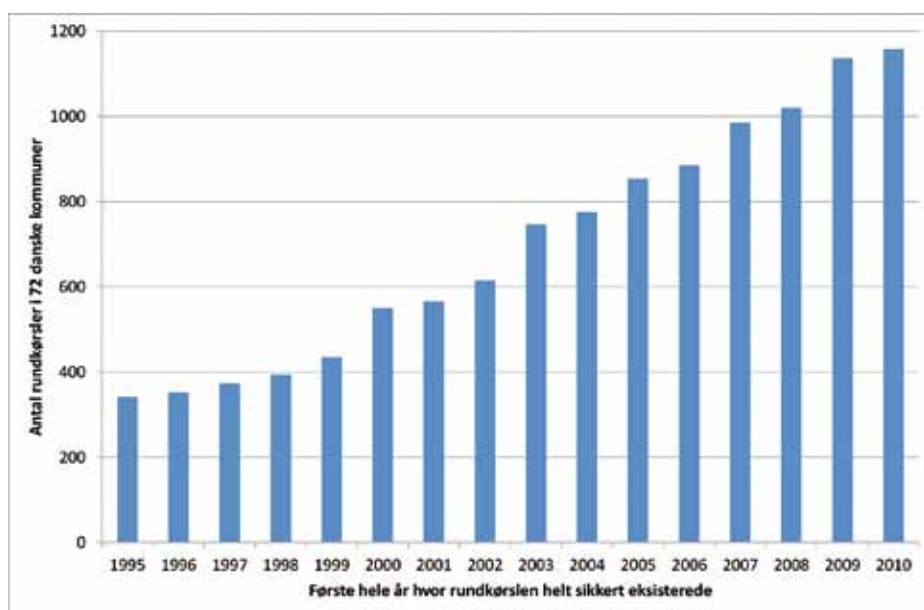
rundkørsler. Det er især rundkørsler med høje trafikmængder, der haves trafikdata for.

Sikkerhedseffekter af ombygninger

Den danske før-efter uheldsevaluering viser, at ombygninger af kryds til rundkørsler har medført et fald i personskadeuheld på 47% og uheld kun med materielle skader på 16%. Ombygninger medfører således færre uheld og uheldene bliver mindre alvorlige, fx er antallet af dræbte faldet med 87%. De opgjorte effekter i litteraturstudiet er på baggrund af 19 undersøgelser noget bedre med fald i personskadeuheld på 60% og uheld kun med materielle skader på 25%. Danske effekter er dårligere, da der er sket mange cykeluheld i de danske rundkørsler, da mange af disse er designet på en usikker måde for cyklister. Effekter for cyklister er dårlige i Danmark med stigninger i cykeluheld og personskader blandt cyklister på hhv. 65% og 40%, se tabel 1.

Et fænomen er, at de nævnte sikkerhedseffekter ikke er homogene, fordi spredningen i effekterne mellem de ombyggede steder er meget stor. Den væsentligste forklaring på dette er, at sikkerhedseffekterne er afhængige af hastighedsbegrænsningen, se tabel 2. Effekterne bliver stadig bedre, jo højere hastighedsbegrænsningen er, fx er antallet af uheld nogenlunde uændret ved 50 km/t, falder med en tredjedel ved 70 km/t og falder med to tredjedele ved ombygning af rampekryds ved motorveje til rundkørsler. Faktisk falder også antallet af cykeluheld ved hastighedsbegrænsninger over 60 km/t.

Ombygning af kryds til rundkørsler ved lave hastighedsbegrænsninger på under 60 km/t kan kun betale sig, hvis rundkørsler udformes sikkerhedsmæssigt optimalt og anlægges forholdsvist billigt. Uheldskostningerne falder ved alle hastighedsbegrænsninger, så det er ofte ud fra en samfundsøkonomisk betragtning bedre, at kryds anlægges som rundkørsler i forbindelse med anlæg af nye veje, når merom-



Figur 1. Udvikling i antallet af rundkørsler i de 72 danske kommuner, hvor samtlige rundkørsler, der eksisterede pr. 1. januar 2010, er registreret.

Type af uheld og personskade	Fodgængeruheld og fodgængere	Cykeluheld og Cyklister	Knallert/mc-uheld og knallertkørere og motorcyklister	Biluheld og personer i biler	Total
Alle uheld	-39%	" +65% "	" +46% "	" -31% "	" -27% "
Personskadeuheld	-36%	+31%	+30%	-54%	" -47% "
Materielskadeuheld	-46%	+114%	+67%	" -19% "	-16%
Alle personskader	-15%	+40%	+30%	" -85% "	" -60% "
Dræbte	-100%	-49%	-62%	-100%	-87%
Alvorlige skader	+2%	+10%	+25%	-86%	" -58% "
Lette skader	-6%	+80%	+50%	" -83% "	" -59% "

Tabel 1. Sikkerhedseffekter af ombygninger af kryds til rundkørsler ifølge den danske før-efter uheldsvaluering. Note: materiel-skadeuheld inkluderer ekstrauheld, effekter i grå baggrund er signifikante og effekter i anførselstegn er inhomogene.

kostningen ved at anlægge en rundkørsel frem for et andet krydstype er beskeden.

Studierne viser også, at effekten på uheld bliver dårligere, jo mere trafik der kører ind i rundkørslen. Det er venstresvingsuheld og tværkollisioner, som ombygninger af kryds til rundkørsler forebygger. Derfor har fordelingen af trafikken på hoved- og sideveje også en vis betydning for sikkerhedseffekterne.

Børn under 15 år og ældre over 64 år har opnået de største procentuelle fald i personskader ved ombygninger af kryds til rundkørsler, mens unge mellem 15 og 24 år har de mindste fald. Børn og ældre har særligt gode effekter på cykel, mens unge har særligt dårlige effekter i bil. Sikkerhedseffekter blandt mænd og kvinder er nogenlunde ens.

Sikkerhedseffekterne er omkring 10 procentpoint bedre på lang sigt end på kort sigt. Det viser undersøgelser fra Holland og Belgien samt før-efter uheldsvalueringen fra Danmark. Forskellen i effekterne synes næsten udelukkende at skyldes, at frekvensen af ulykker bliver mindre med tiden i rundkørsler med lave midterøer, hvor koteforskellen er mindre end ca. 1,5 m mellem midten af midterø og cirkulationsarealet. Trafikanter vender sig langt hurtigere til rundkørsler med høje midterøer.

Krydsdesignets betydning

Sikkerhedseffekter af ombygninger af vigepligtsregulerede kryds til rundkørsler er ca. 15 procentpoint bedre end ombygninger af lyskryds ifølge litteraturstudie og før-efter uheldsvaluering. Det synes at være tilfældet ved alle hastighedsgrænser. Tilsvarende ses, at ombygninger af kryds uden svingbaner til rundkørsler medfører bedre sikkerhedseffekter end ombygninger af kryds med svingbaner. Og ombygninger af kryds med dobbeltrettede stier til rundkørsler giver bedre effekter end ombygninger af kryds uden disse stier. Det harmonerer fint med, at signalregulering af kryds og etablering af svingbaner i kryds typisk medfører en sik-

Hastighedsbegrænsning	Effekter på ...		
	Alle uheld	Alle personskader	Uheldsomkostninger
40-50 km/t	+1%	-1%	-12%
60 km/t	-14%	-55%	-38%
70 km/t	-33%	-63%	-64%
80 km/t	-43%	-81%	-78%
90-130 km/t	-67%	-81%	-69%
I alt	-27%	-60%	-58%

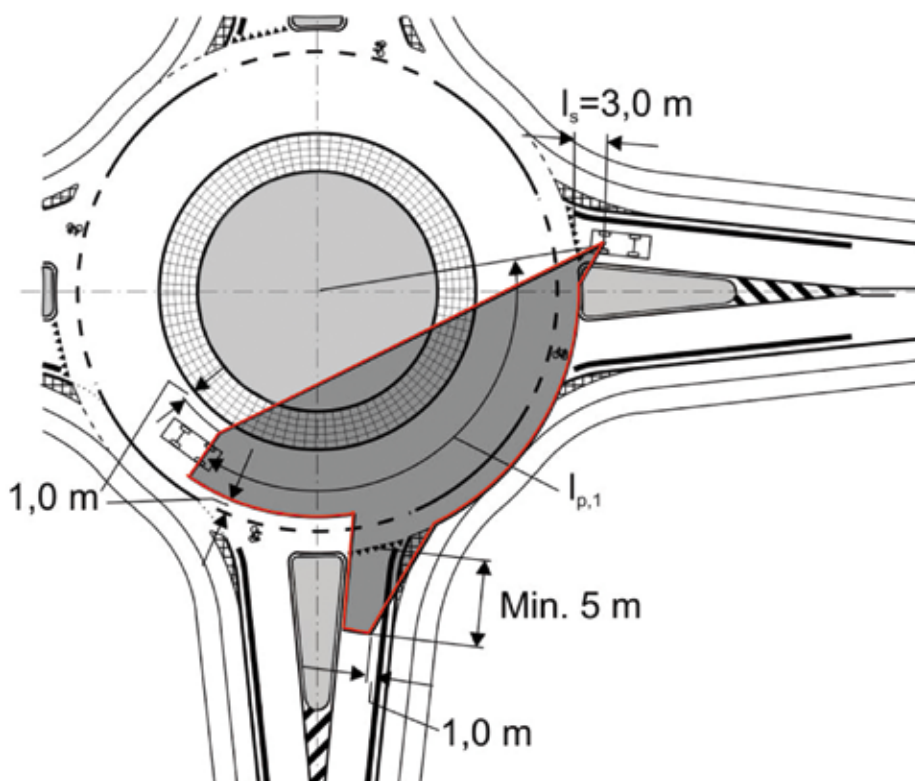
Tabel 2. Effekter på uheld, personskader og uheldsomkostninger fundet i før-efter uheldsvaluering af 332 ombygninger af kryds til rundkørsler i Danmark. Note: Hastighedsbegrænsning er den højeste hastighedsbegrænsning på vejgrene ca. 100 m fra rundkørslen.



Figur 2. De fire hovedtyper af rundkørsler.

Tabel 3. Sikkerhedseffekter af ombygninger af kryds til fire typer af rundkørsler ifølge den danske før-efter uheldsvaluering.

Type af rundkørsel	Sikkerhedseffekt	
	Uheld	Personskader
Mini	+24%	-6%
1-sporet	-34%	-64%
Flersporet	-13%	-66%
Signalreguleret	-18%	-74%



Figur 3. Oversigtskrav ved vigelinje i rundkørsel (Vejdirektoratet, 2012). Det mørke areal omkranset af rød linje er det areal, som en trafikant skal have oversigt til 3 m før vigelinjen. Det er målt, hvor langt før vigelinjen, at trafikanten opnår oversigt til dette areal.

Zone, antal vejgrene	Sikkerhedseffekter	
	Uheld	Personskader
By, 3 vejgrene	+29%	+14%
By, 4 vejgrene	-14%	-35%
By, 5-7 vejgrene	-7%	-19%
Land, 3 vejgrene	-47%	-71%
Land, 4 vejgrene	-43%	-82%
Alle, 3 vejgrene	-15%	-39%
Alle, 4 vejgrene	-31%	-65%

Table 4. Sikkerhedseffekter af ombygninger af kryds til rundkørsler opdelt på by- og landzone samt antal vejgrene ifølge den danske før-efter uheldsevaluering.

kerhedsmæssig gevinst, mens etablering af dobbeltrettede stier langs vej medfører en sikkerhedsmæssig forværring i kryds.

Rundkørselsdesignets betydning

Der synes at være mange elementer ved rundkørslers design, som påvirker sikkerheden i rundkørsler og derved sikkerhedseffekterne ved at bygge kryds om til rundkørsler. De fleste elementer har en særegen betydning for de fire hovedtyper af rundkørsler; mini-, 1-sporet, flersporet og signalreguleret



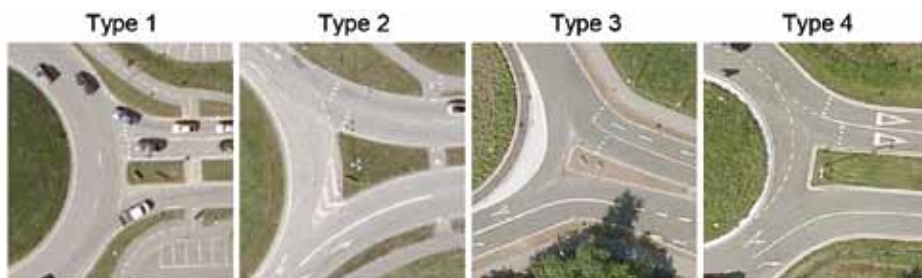
Figur 4. Minirundkørsel med 6,5 m midterø diameter, 5 m bredt cirkulationsareal, uden sekundærheller og uden cykelfacilitet – ikke så ringe endda.



Figur 5. 1-sporet rundkørsel med samlet diameter på 31 m, høj midterø, cirkulations-, tilfarts- og frafartsspor på hhv. 6,7 m, 3,7 m og 4,3 m, trekantsheller og separat sti – ikke så ringe endda.

Antal vejgrene	Sikkerhedseffekter	
	Uheld	Personskader
3	+52%	+34%
4	-33%	-96%
5	+3%	-35%
I alt	-13%	-66%

Tabel 5. Sikkerhedseffekter af ombygninger af kryds til flersporede rundkørsler opdelt efter antal vejgrene ifølge den danske før-efter uheldsevaluering.



Figur 6. 4 typer af flersporede rundkørsler: 1) to cirkulationsspor hele vejen rundt, 2) cirkulationsareal indsnævret med spærreflade, 3) cirkulationsareal indsnævret med bredt overkørselsareal ved midterø og 4) cirkulationsareal indsnævret med sekundærhelle tæt på midterø.

Flersporede rundkørsler	Sikkerhedseffekter	
	Uheld	Personskader
Type 1, to cirkulationsspor	-9%	-40%
Type 2, spærreflade	+9%	-47%
Type 3, bredt overkørselsareal	-26%	-87%
Type 4, sekundærhelle tæt på	-49%	-100%
Med 1-3 shunts	-41%	-92%
Uden shunts	-3%	-54%

Tabel 6. Sikkerhedseffekter af ombygninger fra kryds til flersporede rundkørsler opdelt efter type samt med og uden shunts ifølge den danske før-efter uheldsevaluering.

rundkørsel, se figur 2. Selve hovedtypen har også en betydning, se tabel 3.

Effekter på uheld og personskader er dårlige ved ombygninger af kryds til minirundkørsler, mens effekten på uheld er bedst ved ombygninger til 1-sporede rundkørsler, og effekten på personskader er næsten ens for 1-sporede, flersporede og signalregulerede rundkørsler. Baggrunden for de ringe effekter ved minirundkørsler kan være, at de alle er lokaliseret på veje med lave hastighedsbegrænsninger 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 London fandt man fald i antallet af uheld og personskader på hhv. 28% og 15% ved at signalregulere eksisterende rundkørsler, og faldene var langt større blandt cyklister [4].

I processen med udarbejdelse af uheldsmodeller for danske rundkørsler havde be-

lysnings en ikke-signifikant gunstig betydning for sikkerheden. I Tyskland har man fundet, at uheldsfrekvensen i rundkørsler i landzone med belysning er 43% lavere end uden belysning [2].

I studiet af uheldsmodeller for rundkørsler fandt Jensen [3], at antallet af vejgrene ikke havde nogen signifikant betydning for frekvensen af uheld kun med biler involveret, men havde en stor signifikant betydning for tætheden af uheld med fx cyklister involveret. Det blev også vist, at antallet af vejgrene er vigtig for uheldsforekomsten i rundkørsler i byzone, men uvæsentlig i landzone. Af tabel 4 ses, at antallet af vejgrene synes at have en stor betydning for sikkerhedseffekterne ved ombygninger af kryds til rundkørsler i byzone, men kun en beskedent eller ingen betydning i landzone. Det ses, at ombygninger af kryds til rundkørsler med tre vejgrene i byzone har medført flere uheld og personskader, mens andre ombygninger har givet fald i uheld og personskader.

Vinklen mellem to hosliggende vejgre-

nes 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 uheldsfrekvensen i rundkørslen. Jo større forskellen mellem største og mindste vinkel er, desto dårligere er sikkerhedseffekter og jo højere er uheldsfrekvensen. Det synes at gælde i alle typer af rundkørsler.

Minirundkørsler

Konklusioner om et minirundkørslers design hviler på et relativt beskedent grundlag med kun 319 uheld i de danske studier samt kun en interessant undersøgelse i litteraturstudiet. Det er dog muligt at sige en del:

- Et engelsk studie viser, at uheldsfrekvensen i minirundkørsler er stigende med trafikmængden. Den danske før-efter uheldsevaluering viser, at ombygninger af kryds til minirundkørsler med under 5.000 biler pr. døgn giver en forbedring af trafikikkerheden, men en forværring hvis der mere trafik end 5.000 biler pr. døgn.
- Et 5-6 m bredt cirkulationsareal giver de bedste sikkerhedseffekter. Midterøens udseende (chaussesten, afmærket o. lign.) er næsten uden betydning, men midterøens diameter bør helst ikke være mere end ca. 10 m.
- Det er bedst at undlade sekundærheller.

Parallelheller må frarådes. Omkring 3,4-4,3 m brede tilfartsspor og ca. 3,5-4,3 m brede frafartsspor til anbefales.

- Minirundkørsler uden cykelfaciliteter er bedst. Cykelbaner giver anledning til en markant stigning i cykeluheld, og farvede cykelbaner giver også stigninger i uheld uden cyklister involveret.
- Det er bedst at forvarsle minirundkørsler ca. 20-50 m før vigelinjer i hver tilfart.
- Oversigten til minirundkørsels cirkulationsareal og til et køretøj ved vigelinjen i vejgrene til venstre ved kørsel hen mod rundkørslen, se figur 3, bør opnås 10-15 m eller 40 m eller mere før vigelinjen. Hvis oversigten opnås 0-5 m eller 20-35 m før vigelinjen, forværres sikkerheden kraftigt.

1-sporede rundkørsler

Konklusioner om 1-sporede rundkørslers design hviler på et omfangsrigt grundlag med 2.989 uheld i de danske studier og snesevis af undersøgelser i litteraturstudiet. Det er derfor muligt at sige en hel del om et sikkert design af 1-sporede rundkørsler:

- Hastighedsbegrænsningen har en væsentlig betydning for de sikkerhedseffekter, der opnås ved ombygninger af kryds til 1-sporede rundkørsler. Effekterne er gode på nær i rundkørsler med 3 vejgrene ved lave hastighedsbegrænsninger på 40-50 km/t.
- En samlet diameter for midterø og overkørselsareal på 20-40 m giver den bedste sikkerhed både i byer og på landet. En kantlinje ved kanten af midterøen forbedrer sikkerheden enten som følge af tilstedeværelse af et overkørselsareal eller synliggørelse af midterøen.
- Midterøens højde på midten er vigtig. Når højden er 2 m eller mere, så er sikkerhedseffekter på uheld og personskader ca. dobbelt så gode. Det er især uheld mellem cirkulerende og ind-/udkørende, som højden påvirker. Antallet af cykeluheld falder kraftigt ved ombygninger af kryds til 1-sporede rundkørsler med høje midterøer, mens cykeluheldene stiger kraftigt i antal med lave midterøer.
- Cirkulationsarealets bredde synes ikke i sig selv at være vigtig, men er sikrest når det har en bredde på ca. 0,15-0,25 gange den samlede diameter af midterø og overkørselsareal. Ofte giver et 7 m bredt cirkulationsareal en god sikkerhed. Shunts synes hverken at forbedre eller forværre sikkerheden i 1-sporede rundkørsler.
- I byzone giver trekantsheller de bedste sikkerhedseffekter, mens parallelheller må frarådes. I landzone synes effekter af hhv. parallel-, trekants- og trompetheller

at være nogenlunde ens.

- Det er bedst med 3,4-4,3 m brede tilfartsspor og 3,8-4,7 m brede frafartsspor både i byer og på landet.
- Cykelbaner og farvede cykelfaciliteter fx blå cykelfelter eller rød asfalt i 1-sporede rundkørsler må frarådes, da antallet af cykeluheld stiger meget kraftigt, når kryds bygges om til sådanne rundkørsler. Farvede cykelfaciliteter giver også dårlige effekter på uheld uden cyklister involveret. Separate stier, hvor cyklister har vigepligt for biler ved krydsning af vejgrene, har medført de bedste sikkerhedseffekter.
- Antallet af uheld stiger ved ombygninger af kryds til 1-sporede rundkørsler i byzone, når oversigten opnås 20-35 m før vigelinjen, mens antallet af uheld falder, når oversigten opnås 10-15 m eller 40-100 m før vigelinjen. I landzone synes oversigten før rundkørsel at være knap så væsentlig, men faldet i uheld er dog lidt større, når oversigten opnås 40-100 m før vigelinjen.
- Ifølge før-efter uheldsevalueringen giver det de bedste effekter, at der er forvarsling og/eller vejvisning i hver tilfart til den 1-sporede rundkørsel. Jo flere forvarslinger/vejvisninger der er pr. tilfart jo bedre. Den forvarsling/vejvisning, der er længst fra rundkørslen, kan med fordel være placeret mere end 100 m før vigelinjen ifølge både uheldsmodelstudiet og før-efter uheldsevalueringen.

Flersporede rundkørsler

Konklusioner om flersporedes rundkørslers design hviler på et relativt beskedent grundlag med kun 470 uheld i de danske studier og få interessante undersøgelser i litteraturstudiet. Det er dog muligt at sige en del:

- Hastighedsbegrænsningen synes ikke at være vigtig for sikkerheden i flersporede rundkørsler. Der samme kan siges om type af sekundærhelle, bredde af cirkulationsareal, midterøens diameter og højde samt oversigten før rundkørslen. Desuden varierer typen og forekomsten af forvarsling ved flersporede rundkørsler så lidt, at det ikke er muligt at sige noget om betydningen af forvarsling.
- Antallet af vejgrene er af stor betydning, se tabel 5. Flersporede rundkørsler med 3 vejgrene fungerer ikke godt sikkerhedsmæssigt hverken ifølge uheldsmodeller eller før-efter uheldsevaluering. 4 vejgrene er rigtig godt i flersporede rundkørsler, mens flersporede rundkørsler med 5 og især 6 vejgrene kan være meget problematiske.
- Shunts i flersporede rundkørsler giver bedre sikkerhedseffekter. Fysisk indsnævring af cirkulationsarealet til ét spor ved

en eller flere vejgrene i rundkørslen giver også anledning til bedre sikkerhedseffekter, se figur 6 og tabel 6. Disse danske resultater er i fuldstændig overensstemmelse med hollandske resultater.

- Uheldsmodellerne indikerer, at flersporede rundkørsler uden cyklister, dvs. cykling forbudt eller cyklister i tunneler (toplan) fungerer godt, mens flersporede rundkørsler med cykelbane, cykelsti eller separat sti giver en højere uheldsfrekvens. Det er umuligt at sige noget om cykelfaciliteter i flersporede rundkørsler ud fra før-efter uheldsevalueringen.

Afslutning

Det er muligt at ombygge kryds til rundkørsler, så både cyklisters og andre trafikanters sikkerhed bliver forbedret. Man skal blot vælge kryds med omhu og designe rundkørsler på en sikkerhedsmæssig optimal facon. Mange forhold ved rundkørselsdesignet er af betydning for sikkerheden i almindelighed, og få forhold såsom type af cykelfacilitet og højde af midterø er af stor betydning for cyklisters sikkerhed. Artiklen viser, hvordan de forskellige design af rundkørsler påvirker sikkerheden. Nogle designs kan anbefales og nogle designs må frarådes. Hvis cyklisters sikkerhed i rundkørsler skal forbedres er det særlig vigtigt at fjerne cykelbaner og farvede cykelfaciliteter i rundkørsler. Desuden vil højere midterøer i 1-sporede rundkørsler ofte forbedre sikkerheden.

Referencer

- [1]. Jensen, S. U.: *Sikkerhedseffekter af rundkørsler*, Trafitec.
- [2]. Jensen, S. U. og Madsen, P. B.: *Rundkørsler, sikkerhed og cyklister*, Trafitec.
- [3]. Jensen, S. U.: *Uheldsmodeller for rundkørsler*, Trafitec.
- [4]. Jensen, S. U.: *Evaluering af effekter af rundkørsler med forskellig udformning*, Trafitec.
- [5]. Jensen, S. U.: *Cyklisters sikkerhed i rundkørsler – sammenfatningsrapport*, Trafitec.