

Kryds med dobbeltrettede cykelstier

Litteraturstudie



Søren Underlien Jensen

April 2022

<p>Titel: Kryds med dobbeltrettede cykelstier Litteraturstudie</p> <p>Forfatter(e): Søren Underlien Jensen</p> <p>Publiceringsdato: 20.04.2022</p> <p>Sprog: Dansk</p> <p>Antal sider: 47</p> <p>Rekvirent/finansiell kilde: Cykelpuljen 2021</p> <p>Projekt: Kryds med dobbeltrettede cykelstier</p> <p>Kvalitetssikring: Belinda la Cour Lund</p> <p>Emneord: Dobbeltrettet cykelsti, trafiksikkerhed, vej-sti kryds, signalregulerede kryds</p> <p>Resumé:</p> <p>Dette litteraturstudie refererer 23 studier af kryds med dobbeltrettede cykelstier og trafiksikkerhed i disse. Der er også refereret dansk lovgivning og danske vejregler om dobbeltrettede cykelstier.</p> <p>I vejkryds og rundkørsler er det uden tvivl mere sikkert at udforme cyklisteres færdselsareal som ensrettet frem for dobbeltrettet.</p> <p>Niveaufri skæring (stunnel og -bro) er den mest sikre krydstype, når en dobbeltrettet cykelsti skal krydse en vej, mens en signalreguleret krydsning er den næst sikreste, efterfulgt af en krydsning med vigepligt for stitrafikanter, og slutteligt er en krydsning med vigepligt for vejtrafikanter farligst.</p> <p>Der er ikke fundet studier af indretningen og udformningen af stitunneler, stibroer og signalregulerede krydsningers betydning for cyklisteres sikkerhed.</p> <p>I vigepligtsregulerede vej-sti kryds giver kortere krydsningslængde og bedre oversigtsforhold en bedre sikkerhed for cyklister. Det er uklart om afmærkning, heller, vigepligtsforhold, bomme, belysning mv. påvirker cyklisteres sikkerhed.</p> <p>I vigepligtsregulerede vejkryds og rundkørsler er placeringen af stikrydsningen vigtig. Hævet stikrydsning og muligvis stoptavler forbedrer cyklisteres sikkerhed, mens farvet stikrydsning, yderligere afmærkning af vigepligt, kanalisering/heller og etablering af stiens midtlinje gennem krydsning forværrer cyklisteres sikkerhed.</p>	<p>Title: Junctions with two-way cycle paths Literature study</p> <p>Author(s): Søren Underlien Jensen</p> <p>Report date: 20.04.2022</p> <p>Language: Danish</p> <p>No. of pages: 47</p> <p>Client/financial source: Bicycle Fund 2021</p> <p>Project: Junctions with two-way cycle paths</p> <p>Quality management: Belinda la Cour Lund</p> <p>Key words: Cycle path, road safety, road-path junction, signalised junction</p> <p>Abstract:</p> <p>The literature study includes 23 studies of road safety at junctions with two-way cycle paths. Danish legislation and road standards about two-way cycle paths are also summarised.</p> <p>At junctions and roundabouts, it is without doubt safer to design cyclist facilities as one-way rather than two-way.</p> <p>A two-level crossing (path tunnels and bridges) is the safest junction type, when a two-way cycle path must cross a road. A signalised crossing is the second safest, followed by a crossing where path users must give-way to road users. Finally, a crossing where road users must give-way to path users is the most dangerous junction type.</p> <p>Studies about impacts on road safety of path tunnel, path bridge and signalised crossing design have not been found.</p> <p>Shorter crossing length and longer sight distances improve cyclist safety at give-way road-path junctions. It is unclear whether marking, traffic islands, yielding conditions, barriers, lighting, etc. affects the safety of cyclists.</p> <p>The location of the path crossing is important at give-way junctions and roundabouts. Raised path crossing and possibly stop signs improve cyclist safety, whereas colouring of path crossing, more markings of yielding conditions, traffic islands and center line on path worsen cyclist safety at give-way junctions and roundabouts.</p>
<p>Rapporten kan hentes fra www.trafitec.dk.</p> <p>Copyright © Trafitec</p> <p>Ved gengivelse af materiale fra publikationen skal fuldstændig kildeangivelse udføres.</p>	<p>The report can be acquired from www.trafitec.dk.</p> <p>Copyright © Trafitec</p> <p>Reprinting material from this publication must include a complete reference to original source.</p>

Indhold

Sammenfatning	4
1. Indledning.....	7
1.1 Systematisk litteratursøgning	7
1.2 Søgning efter lovgivning og vejregler	8
2. Review af relevante studier.....	9
2.1 Urban mid-block bicycle crossings ... (Ghasemi et al., 2022).....	9
2.2 Exposure-based models of trail user ... (Schneider et al., 2021)	10
2.3 Cyklisters adfærd på ... (Sørensen og Hougaard, 2020).....	11
2.4 Visual eye gaze while cycling ... (Rupi og Krizek, 2019).....	12
2.5 Multiuse trail intersection safety analysis ... (Jestico et al., 2017)	12
2.6 Bicycle safety in Gothenburg (Hauksson, 2014).....	13
2.7 Best practices synthesis and guidance ... (Noyce et al., 2013)	14
2.8 Trafiksikkerhed i kryds med ... (Buch og Jensen, 2013).....	14
2.9 Risk of injury for bicycling on cycle tracks ... (Lusk et al., 2011)	17
2.10 Reduction in car-bicycle conflict ... (Phillips et al., 2011).....	18
2.11 Road factors and bicycle-motor vehicle ... (Schepers et al., 2011)	19
2.12 Trafikantadfærd i kryds med dobbeltrettede ... (Buch, 2011)	20
2.13 Trafiksäkerhet och ... (Svensson og Pauna, 2010).....	21
2.14 Oversteekongevallen met fietsers (Schepers og Voorham, 2010).....	22
2.15 Signalreguleret fodgængerovergang (Jensen, 2008).....	22
2.16 Safety in numbers: more walkers and ... (Jacobsen, 2003).....	23
2.17 Car drivers' adjustments to ... (Räsänen og Summala, 2000).....	23
2.18 An expert judgment model applied to ... (Leden et al., 2000).....	24
2.19 Attention and expectation ... (Räsänen og Summala, 1998).....	25
2.20 Bicycle accidents and drivers' visual ... (Summala et al., 1996).....	26
2.21 Risk factors for bicycle-motor ... (Wachtel og Lewiston, 1994).....	27
2.22 Safety implications of bicycle paths at ... (Gårder et al., 1994).....	27
2.23 Models for predicting accidents ... (Brüde og Larsson, 1993)	28
3. Love og regler om dobbeltrettet cykelsti	29
3.1 Det lovgivningsmæssige	29
3.2 Anbefalinger i vejregelhåndbøger	34
4. Syntese af tidligere studier mv.....	42
Referencer	45

Sammenfatning

Dette litteraturstudie om trafikssikkerheden i kryds med dobbeltrettede cykelstier er udført af Trafitec med støtte fra Cykelpuljen 2021. Der er udført systematiske litteratursøgninger i TRID, ScienceDirect, Google Scholar og Trafik & Veje. Ca. 1.000 publikationer er gennemgået, og heraf er ca. 60 publikationer gennemlæst. I kapitel 2 er 23 relevante tidligere studier refereret. I kapitel 3 er dansk lovgivning og danske vejregler om kryds med dobbeltrettede cykelstier refereret.

Der er udført nogle studier om trafikssikkerhed i kryds med dobbeltrettede cykelstier. De fleste studier omhandler vigepligtsregulerede vejkryds og rundkørsler, hvor en dobbeltrettet cykelsti løber langs en vej. Kun få studier omhandler vej-sti kryds og signalregulerede vejkryds.

Ensrettet eller dobbeltrettet

I vejkryds og rundkørsler er det uden tvivl mest sikkert at udforme cyklisteres færdselsareal som ensrettet frem for dobbeltrettet (se fx Hauksson, 2014; Schepers et al., 2011; Buch, 2011; Schepers og Voorham, 2010; Wachtel og Lewiston, 1994; Gårder et al., 1994).

Krydsningstype

I hovedtræk kan det siges, at hvor en dobbeltrettet cykelsti, fællessti eller delt sti krydser en vej, så er den mest sikre løsning for cyklisterne angivet øverst i listen herunder og den farligste løsning nederst:

- 1) Niveaufri skæring (stitunnel eller stibro)
- 2) Signalreguleret krydsning
- 3) Krydsning med vigepligt for stitrafikanter (fx cyklist på dobbeltrettet sti)
- 4) Krydsning med vigepligt for vejtrafikanter (fx motorkøretøj på vej)

Buch og Jensen (2013) viser, at ved vigepligtsregulerede vejkryds og rundkørsler er en krydsning med vigepligt for stitrafikanter gennemsnitligt ca. 4-5 gange mere sikkert for cyklister end en krydsning med vigepligt for vejtrafikanter.

Buch og Jensen (2013) viser, at ved vigepligtsregulerede vejkryds og rundkørsler er en niveaufri skæring gennemsnitligt ca. 2-3 gange mere sikkert for cyklister end en krydsning med vigepligt for vejtrafikanter. En niveaufri skæring er i gennemsnit ca. 70 % farligere for cyklister end en krydsning med vigepligt for stitrafikanter, men det skyldes, at nogle cyklister fravælger at benytte stitunnelen eller stibroen og forulykker på vejen. Hvis den niveaufri skæring er den nemmeste, hurtigste og mest attraktive måde at krydse vejen, så vil det også være den mest sikre.

Jensen (2008) viser, at signalregulering af vej-sti kryds (før signalreguleringen var der krydsning med vigepligt for stitrafikanter) medførte en forbedring af cyklisteres

sikkerhed med 30-50 %, når der var mere end ca. 10.000 biler/døgn på vejen. Den gunstige virkning findes ikke blot i vej-sti krydset, men også på strækninger og i kryds nær vej-sti krydset. Denne virkning er meget lig den sikkerhedsmæssige effekt af at signalregulere et vejkryds (se fx Høye, 2015; Jensen, 2010).

Schneider et al. (2021) angiver dog, at det er tvivlsomt, om det er sikrest for en cyklist at krydse i et signalreguleret vejkryds eller i et prioriteret vejkryds i USA. Schneider et al. (2021) angiver også, at det er tvivlsomt, om det er sikrest at krydse en vej i et vej-sti kryds eller i et vejkryds, hvis forholdene i øvrigt er ens.

I vigepligtsregulerede vejkryds og rundkørsler, hvor den dobbeltrettede cykelsti krydser sidevej / vejgren, har cyklister, der cykler mod færdselsretningen i det nærliggende kørespor, en 2-5 gange højere risiko end cyklister, der cykler med færdselsretningen (se fx Phillips et al., 2011; Buch, 2011; Schepers og Voorham, 2010; Summala et al., 1996; Wachtel og Lewiston, 1994). Forklaringen herpå er mange ulykker med højresvingende motorkøretøjer fra sidevej (ind på primærvej) eller vejgren (ind i rundkørsel), der påkører cyklister, der cykler på stien mod færdselsretningen. Denne type af ulykke forekommer sjældent eller slet ikke, når der er niveaufri skæring, signalreguleret krydsning, krydsning med vigepligt for stitrafikanter eller vej-sti kryds. Og det er i høj grad denne type ulykke, som er forklaringen på, at krydsninger med vigepligt for vejtrafikanter er farligere for cyklister end andre krydsningstyper.

Designforhold

Der er ikke fundet undersøgelser, der beskriver, hvordan udformningen af en **sti-tunnel eller -bro** påvirker cyklisters sikkerhed. Det er således ikke umiddelbart muligt at angive, hvordan fx stitunnelens eller -broens bredde, belysning, belægning, tilkørselsstiers udformning mv. påvirker sikkerheden. Der findes studier af, hvordan hegn og rækværk påvirker fodgængeres sikkerhed (hegn og rækværk opsat ved veje nær stitunneler og -broer for at forhindre fodgængere i at krydse veje udenfor tunnel eller bro), men ikke hvordan dette påvirker cyklisters sikkerhed.

Der er ikke fundet undersøgelser, der beskriver, hvordan indretningen eller udformningen af **signalregulerede vejkryds eller signalregulerede vej-sti kryds** med dobbeltrettede cykelstier påvirker cyklisters sikkerhed. Det er muligt, at separatregulering af cykeltrafik på dobbeltrettede cykelstier i signalregulerede vejkryds medfører en større gunstig virkning på cyklisters sikkerhed, da andre former for separatregulering fx bundet venstresving har vist sig at give særdeles gode sikkerhedseffekter (se fx Buch, 2019). Men et studie af Rupi og Krizek (2019) viser, at cyklistsignaler er mindre synlige end andre signaler i lyskryds, hvilket kan give anledning til en mindre gunstig virkning af separatregulering. En undersøgelse fra vigepligtsregulerede vejkryds indikerer, at det er sikrest at placere den dobbeltrettede cykelsti så tæt på den parallelle vej som muligt, når bilister skal vige for cyklister (Buch og Jensen, 2013) – men om det også gælder i signalregulerede vejkryds er uvist. Det er uvist, hvilken sikkerhedsmæssige virkning fx afmærkning af cykelfelter, farvning af cykelarealer, etablering af heller osv. har i relation til dobbeltrettede cykelstier ved signalregulerede krydsninger.

Undersøgelser om **vigepligtsregulerede vej-sti kryds** er også stærkt begrænsede. Schneider et al. (2021) finder, at når krydsningslængden i vej-sti kryds (eksklusiv helleanlæg) øges med 1 m, så stiger ulykkestallet med ca. 4 %. Det er altså vigtigt, at vejen er ”smal” ved vej-sti krydset. Schneider et al. (2021) finder også, at jo bedre oversigtsforholdene er (jo længere sigtlængder), desto lavere er ulykkesfrekvensen for cyklister. Jestico et al. (2017) finder det omvendte resultat, nemlig jo bedre oversigtsforhold, desto dårligere er cyklisters sikkerhed, men den undersøgelse er tvivlsom. Endelig finder Schneider et al. (2021), at afmærkning og heller ikke har en statistisk signifikant betydning for sikkerheden i vej-sti kryds, hvilket vil sige, at betydningen af afmærkning og heller er ret begrænset. Der er ikke fundet studier, der kan dokumentere, hvordan vigepligtsforholdene i vej-sti kryds påvirker trafikikkerheden. Der er heller ikke fundet studier, der kan dokumentere om fx bomme, belysning mv. påvirker trafikikkerheden.

Der er udført langt flere og større undersøgelser af **vigepligtsregulerede vejkryds og rundkørsler** med dobbeltrettede cykelstier. Her findes en række interessante resultater om den sikkerhedsmæssige betydning af krydsningers udformning:

- Når stitrafikanter er pålagt vigepligten, så er det sikrest, at stikrydsningen er placeret ca. 6-12 m fra primærvejen / cirkulationsarealet (Summala et al., 1996; Buch og Jensen, 2013). Når vejtrafikanter er pålagt vigepligten, så er det sikrest, at stikrydsningen er placeret ca. 0-3 m fra primærvejen / cirkulationsarealet (Buch og Jensen, 2013).
- Hævet stikrydsning, fx i form af bump, overkørsel eller hævet dobbeltrettet cykelsti, medfører en reduktion i cyklisters risiko på omkring 20-50 % (Leden et al., 2000; Schepers et al., 2011; Summala et al., 1996).
- Farvet asfalt eller farvet cykelfelt på stikrydsning forværrer cyklisters sikkerhed med ca. 50-70 % (Buch og Jensen, 2013; Schepers et al., 2011).
- Yderligere afmærkning af vigepligt, fx afmærkning på belægning eller tavler med angivelse af ubetinget vigepligt eller tavler med angivelse af krydsende cyklister, ser ud til at forværre cyklisters sikkerhed med ca. 75-185 % (Buch og Jensen, 2013; Schepers et al., 2011). Omvendt peger Summala et al. (1996) i retning af, at opsætning af stoptavler kan forbedre sikkerheden.
- Buch og Jensen (2013) finder, at kanalisering af sidevej eller primærvej i form af heller øger cyklisters risiko med ca. 100 %. Omvendt finder Schepers et al. (2011), at venstresvingsbane på primærvej ikke har væsentlig betydning for cyklisters sikkerhed i stikrydsningen.
- Etablering af midtlinje på stien gennem krydsningen øger ulykkestallet med ca. 100-200 % (Buch og Jensen, 2013). §113 stk. 5 i *Bekendtgørelse om anvendelse af vejafmærkning* angiver, at midtlinjen skal fortsættes over sideveje og udkørsler, så her kan det være relevant at revidere bekendtgørelsen.

1. Indledning

Dette notat med litteraturstudie om trafiksikkerheden i kryds med dobbeltrettede cykelstier er udført af Trafitec med støtte fra Cykelpuljen 2021.

Projektets formål er at gøre det mere sikkert for cyklister at færdes på dobbeltrettede cykelstier ved at bidrage med ny viden om cyklisters sikkerhed i kryds med dobbeltrettede cykelstier. Den ny viden videregives til fagfolk, og derfor er dette notat offentligt tilgængeligt. Konkret udføres et litteraturstudie og en sikkerhedsmæssig vurdering (ulykkesmodeller og -frekvenser) af ca. 100 signalregulerede kryds og ca. 200 vej-sti kryds med dobbeltrettede cykelstier i projektet.

Nærværende notat med litteraturstudie beskriver tidligere relevante studier fra Danmark og udlandet. Der gennemgås lovgivning og vejregler i relation til kryds med dobbeltrettede cykelstier. Endelig udarbejdes en syntese på baggrund af de tidligere relevante studier, lovgivning og vejregler.

1.1 Systematisk litteratursøgning

Der er udført systematiske litteratursøgninger i fire søgemaskiner;

- TRID (database fra TRB og OECD med 1,3 mio. transportpublikationer),
- ScienceDirect (indeholder peer-reviewed tidsskriftsartikler og bøger),
- Google Scholar ("videnskabelige" artikler og rapporter på internettet), og
- Trafik & Veje (dansk tidsskrift om veje og trafik).

Der er anvendt engelske søgeord som "bicycle", "cycle", "crossing", "junction", "intersection", "safety" mv. På dansk er der anvendt ord såsom "dobbeltrettet", "cykelsti", "trafiksikkerhed" mv.

Der er gennemgået ca. 1.000 artikler, rapporter, notater og notitser. Ud fra læsning af "abstract" eller "manchet" el. lign. er i alt ca. 50 publikationer identificeret som værende relevante tidligere studier. Disse ca. 50 publikationer er så gennemlæst, og deres referencelister er gennemgået for at erfare om andre relevante tidligere studier er overset – og i givet fald er disse så indhentet (omkring 10 yderligere publikationer er indhentet og gennemlæst).

Gennemlæsningen af de ca. 60 publikationer, som umiddelbart blev identificeret som relevante, har så ledt frem til, at 23 publikationer er refereret i kapitel 2. De øvrige studier har ikke vist sig så relevante i dette litteraturstudie.

1.2 Søgning efter lovgivning og vejregler

Der er kun søgt efter dansk lovgivning og danske vejregler. Lovgivning mv. er søgt og indhentet fra www.retsinformation.dk, mens vejregler er søgt og indhentet fra www.vejregler.dk.

2. Review af relevante studier

Der er i alt fundet 23 relevante studier om trafiksikkerheden i kryds med dobbeltrettede cykelstier. I det følgende er studierne refereret i kronologisk rækkefølge med det nyeste studie først.

2.1 Urban mid-block bicycle crossings ... (Ghasemi et al., 2022)

I dette studie er udført randomiserede eyetracks af 18 bilister, der kører forbi to forskellige vej-sti kryds. Forskellen på de to vej-sti kryds er, at det ene har en rød asfaltbelægning på cyklisteres færdselsareal, hvor sti krydser vej, samt tavler over kørebanen på portaler, se *Figur 1*.



Figur 1. To vej-sti kryds i Bologna, Italien.

Bilisterne kører forbi hvert vej-sti kryds tre gange. Den første gang er for at lære ruten at kende, idet ingen af bilisterne har kørt på disse veje før. Den anden gang kommer en ”skuespiller” cyklende for at krydse vejen i det ene af de to vej-sti kryds – og den tredje gang krydser ”skuespilleren” på cykel det andet vej-sti kryds. Hvilket vej-sti kryds ”skuespilleren” forefindes i er randomiseret. Bilister får intet at vide om, hvad der er i fokus i undersøgelsen.

I gennemsnit fixerede bilister deres blik på portaltavler (vej-sti kryds til venstre i *Figur 1*) 80,1 m før vej-sti krydset, mens denne afstand kun var 71,2 m for tavler ved det andet vej-sti kryds. Samtidig var det 70 % af bilisterne der faktisk fixerede deres blik på portaltavler, mens det kun var 42 % af bilisterne der lagde mærke til tavlerne ved det andet vej-sti kryds. I gennemsnit fixerede bilister deres blik på den røde belægning (vej-sti kryds til venstre i *Figur 1*) 65,3 m før vej-sti krydset, mens denne afstand kun var 59,6 m for fodgængerfelt ved det andet vej-sti kryds. Studiet konkluderer derfor, at portaltavler og rød belægning medvirker til, at vej-sti krydset opdages tidligere og af flere bilister.

Alle data om bilens hastighed, køreretning osv. blev registreret og sammenholdt med eyetracks. Bilister kørte lidt langsommere (45,5 km/t) ved vej-sti krydset med rød belægning og portaltavler, når der ikke var en ”skuespiller” cyklist, end ved det andet vej-sti kryds (49,9 km/t). Lavere fart og større synlighed af vej-sti krydset med rød belægning og portaltavler medførte, at en væsentlig større andel af bilisterne faktisk havde mulighed for at standse for en krydsende trafikant (fx fodgænger eller cyklist) i dette vej-sti kryds set i forhold til det andet. Kun 36 % af bilisterne standsede for en forsigtig, cyklende ”skuespiller”, og overholdt deres vigepligt.

Det er ikke muligt at udlede den sikkerhedsmæssige effekt af rød belægning og portaltavler ud fra dette studie. Studiet viser dog tydeligt, at bilisters orientering i trafikmiljøet og mod potentielt krydsende stitrafikanter påvirkes af farver på belægnings og tavlers placering.

2.2 Exposure-based models of trail user ... (Schneider et al., 2021)

Forfatterne opstiller en række ulykkesmodeller baseret på data om 197 kryds med dobbeltrettede fællesstier i Minneapolis og Milwaukee. Der er tale om 82 vej-sti kryds og 115 kryds, hvor den dobbeltrettede fællessti krydser et af krydssets 3 eller 4 ben. For alle kryds haves tællinger af vej- og stitrafik samt oplysninger om ulykker med stitrafikanter sket ved vej-sti krydsene i årene 2011-2018 – i alt 117 ulykker, heraf 100 cykelulykker og 17 fodgængerulykker. Ulykkerne er sket i 60 af de 197 kryds med dobbeltrettede fællesstier.

Der opstilles ulykkesmodeller med to forskellige fordelinger hhv. Poisson-gamma (negativ binomial) og Poisson-lognormal. Poisson-lognormal forekommer bedre, giver mere stabile parameterestimater samt mere pålidelige statistiske resultater. Baggrunden herfor er, at med så få kryds med ulykker og så få ulykker i alt, så vil estimering af en spredningsparameter for den negative binomial fordeling oftest være tvivlsom.

De finder for den udviklede Poisson-lognormal ulykkesmodel, at fire uafhængige variable er statistisk signifikante: stitrafikmængde (fodgængere og cyklister), vejtrafikmængde (biler), krydstype (hhv. vej-sti-kryds, 4-benet kryds, 3-benet kryds med sti over sidevej samt 3-benet kryds med sti over overordnet vej) og krydsningslængde (stiens længde over kørebane).

Modellen, der opstilles, er en potensmodel af typen:

$$UHT = a \cdot N_{vej}^{p_1} \cdot N_{sti}^{p_2} \cdot e^{\sum_{i=1}^n b_i x_i},$$

hvor N_{vej} er vejtrafikmængde, N_{sti} er stitrafikmængde, x_i er andre uafhængige variable og a , p_1 , p_2 og b_i er estimerede konstanter.

p_1 estimeres til 0,495 og p_2 til 0,735, så jo flere trafikanter, desto lavere ulykkesfrekvens. b_1 for krydsningslængde estimeres til 0,04, så når kørebanens bredde, hvor stien krydser, øges med 1 m, så stiger antallet af ulykker med godt 4 %. I krydsningslængden indgår ikke kantstensbegrænsede heller/midterrabat.

Der er en række dummy-variable for krydstype, og de viser, at ulykkesfrekvensen er højere, når stitrafikanten krydser den overordnede vej i et 3-benet kryds end når stitrafikanten krydser en vej i et vej-sti kryds eller et 4-benet kryds, mens det er sikrest for stitrafikanter at krydse sidevejen i et 3-benet kryds.

To andre ikke-signifikante uafhængige variable fremhæves også af forfatterne. Ulykkesfrekvensen er højere i signalregulerede kryds end i ikke-signalregulerede kryds med dobbeltrettede fællestier. Oversigtsforholdene har betydning – desto bedre oversigt, jo lavere ulykkesfrekvensen – idet ulykkesfrekvensen er højest i kryds, hvor man 50 m fra krydset kan se mindre end 5 m af stien, mens ulykkesfrekvensen er lavest i kryds, hvor man 50 m fra krydset kan se mere end 20 m af stien.

Det bør bemærkes, at ingen af de afmærkningsmæssige variable, såsom cykelfelt, fodgængerfelt, hastighedsbegrænsning, stop- og vigepligt, advarselstavler o. lign. var i nærheden af at være statistisk signifikante. Forhold såsom midter-, dele- og sideheller samt vinkel mellem sti og vej var heller ikke tæt på at være statistisk signifikante.

2.3 Cyklisters adfærd på ... (Sørensen og Hougaard, 2020)

Der er foretaget en undersøgelse af cyklisters og knallertkøreres adfærd i tre signalregulerede kryds i Næstved. De firbenede kryds har en dobbeltrettet cykelsti i ét krydsben, mens der i andre krydsben er enkeltrettede cykelstier. I to kryds er den dobbeltrettede cykelsti beliggende i krydsbenets frafart, mens den ligger i tilfarten i det sidste kryds. Der blev observeret stitrafikanter til og fra den dobbeltrettede cykelsti kl. 07:30-09:30 og kl. 15:00-17:00 på 4 hverdage i hvert kryds. Der indgår 1.285 observerede stitrafikanter.

Sørensen og Hougaard finder, at 49 % af cyklisterne, der kører gennem krydsene og ind på dobbeltrettede cykelstier, kører lovligt over krydset med færdselsretningen, mens 23 % trak cyklen lovligt over den ene eller den anden fodgængerovergang for at komme hen til den dobbeltrettede cykelsti og starte kørslen, og de sidste 28 % af cyklisterne valgte at udføre en ulovlig handling i form af at køre over krydset modsat færdselsretningen (18 %), at cykle over en fodgængerovergang (4 %) eller at krydse vejen udenfor krydsområdet (6 %).

De finder også, at 58 % af cyklisterne, som kom kørende fra den dobbeltrettede cykelsti og ind i krydset, kørte lovligt med færdselsretningen, 22 % valgte lovligt at stå af cyklen og trække over en fodgængerovergang, mens de sidste 20 % af

cyklisterne enten cyklede ulovligt over en fodgængerovergang (9 %), cyklede gennem krydset modsat færdselsretningen (4 %) eller krydsede udenfor krydsområdet (7 %).

Samlet set svarer det til, at omkring hver fjerde af alle stitrafikanter på de dobbeltrettede cykelstier i de tre signalregulerede kryds foretog en ulovlig manøvre.

2.4 Visual eye gaze while cycling ... (Rupi og Krizek, 2019)

I undersøgelsen har 16 cyklister cyklet en 3 km lang rute med eyetracking udstyr i Bologna, Italien. Kun 13 eyetracks indgår i analyser, da eyetracks fra 3 cyklister var fejlbehæftet. På ruten var der 8 signalregulerede kryds. 3 kryds hvor cyklister cykler ad en dobbeltrettet cykelsti. 5 kryds hvor cyklister cykler på kørebanen i blandet trafik. I kryds med dobbeltrettet cykelsti findes et cyklistsignal på den fjerne side af krydset (og cyklister kan ikke se andre signaler andet end et fodgængerensignal lige ved siden af cyklistsignalet). I kryds, hvor cyklister cykler på kørebanen i blandet trafik, er der altid mindst 3 synlige hovedsignaler, heraf mindst 2 på den nære side af krydset. Cyklistsignaler er lidt mindre end hovedsignaler ved kørebanen.

Undersøgelsen viser, at cyklisterne først ser mod cyklistsignalerne i en gennemsnitlig afstand af 38,9 m fra signalet, mens de ser mod hovedsignalerne ved kørebanen hele 44,7 m før signalet. Da cyklistsignaler står på den fjerne side af krydset, så ser cyklisterne faktisk ikke mod cyklistsignalerne særlig lang tid før stoplinjen. Uerfarne cyklister ser signalerne tidligere end erfarne cyklister, hvilket alt i alt kan indikere, at cyklister er mere agtpågivende, når de cykler på kørebanen samt mindre agtpågivende desto hyppigere de cykler.

2.5 Multiuse trail intersection safety analysis ... (Jestico et al., 2017)

I denne undersøgelse er opstillet en ulykkesmodel baseret på selvrapporterede ulykker og næsten-ulykker på cykel på www.bikemap.org registreret i 32 vej-sti kryds i byen Victoria, Vancouver Island, Canada. Der indgår i alt 17 ulykker og 28 næsten-ulykker i undersøgelsen. Vej-sti kryds er prioriterede kryds udformet, så der enten er stoptavler (stoppligt) på vejen, se foto i *Figur 2*, eller der er ubetinget vigepligt på stien. Uanset vigepligtsforholdene er der udført en fodgængerfelt lignende afmærkning i krydsene og med steler i midten og i siderne af stien. Der er udført tællinger i de 32 vej-sti kryds.



Figur 2. Vej-sti kryds mellem Camden Avenue og Galloping Goose Trail, Victoria, Canada.

Ulykkesmodellen, der opstilles, er en potensmodel med negativ binomialfordeling af typen:

$$UHT = a \cdot N_{vej}^{p_1} \cdot N_{sti}^{p_2} \cdot e^{\sum_{i=1}^n b_i x_i},$$

hvor N_{vej} er vejtrafikmængde, N_{sti} er stitrafikmængde, x_i er andre uafhængige variable og a , p_1 , p_2 og b_i er estimerede konstanter.

p_1 estimeres til 0,63 og p_2 til 1,65. Det er noget højere p -værdier end i undersøgelsen af Schneider et al. (2021). Her findes altså, at jo flere stitrafikanter der er, jo højere er ulykkesfrekvensen. Jestico et al. (2017) finder en anden signifikant uafhængig variabel, nemlig sigtlængden for stitrafikanter til midten af krydset (reelt til holdende biler ved krydset) – og her findes, at jo længere sigtlængde, desto højere er ulykkesfrekvensen, hvilket er direkte modsat resultater fra Schneider et al. (2021).

Resultaterne i nærværende studie af Jestico et al. (2017) er tvivlsomme, idet der kun indgår 32 vej-sti kryds og kun 45 hændelser. Det skal også nævnes, at der ikke er sket hændelser (ulykker og næsten-ulykker) i 22 af de 32 kryds.

2.6 Bicycle safety in Gothenburg (Hauksson, 2014)

Hauksson studerer ulykker mellem cykler og motorkøretøjer i de centrale dele af Gøteborg i Sverige. Der indgår i alt 5.012 ulykker fra årene 2002-2013. Ved alene at fokusere på ulykker i ikke-signalregulerede kryds med hhv. enkeltrettede og dobbeltrettede cykelstier på den overordnede vej finder Hauksson, at cyklisters risiko i kryds med dobbeltrettede cykelstier er ca. 55 % højere end cyklisters risiko i kryds med enkeltrettede cykelstier.

Der er dog store forskelle på risiko afhængig af krydstype. F-kryds (firevejskryds) med dobbeltrettede cykelstier har en ca. 159 % højere risiko for cyklister i forhold til cyklisters risiko i F-kryds med enkeltrettede cykelstier. I rundkørsler er risikoen

110 % højere med dobbeltrettet versus enkeltrettet cykelsti, mens der i T-kryds kun er tale om en 18 % højere risiko med dobbeltrettet versus enkeltrettet cykelsti.

2.7 Best practices synthesis and guidance ... (Noyce et al., 2013)

Det er en vejledning / anbefalende vejregel for udformning af kryds med dobbeltrettede fællesstier for delstaten Minnesota i USA. Vejledningen er baseret på et omfattende litteraturstudie og en større erfaringsopsamling, men der angives ikke sikkerhedseffekter af anbefalede tiltag. Vejledningen består i en tabel med en liste af anbefalede tiltag for hver krydstype. Der er i alt 48 krydstyper. Kryds er opdelt på følgende måde:

- Kryds med separate fællesstier (vej-sti kryds med mindst 75 m til et vejkryds), kryds med fællesstier langs vej
- Kryds i byer, kryds i åbent land
- Kryds med 1-2 sporet vej, kryds med flersporet vej
- Kryds med vej med midterrabat, kryds med vej uden midterrabat
- Kryds med vej med hastighedsbegrænsning på hhv. under 55 km/t, 55-72 km/t og over 72 km/t
- Kryds med vej med ÅDT på hhv. under 5.000, 5.000-10.000 og over 10.000.

Tiltag, der anbefales, er bl.a.:

- Asfaltramper for stitrafikanter ved kantsten
- Vej-, kryds- og stibelysning
- Afmærkning på belægning fx forvarsling på vej og sti, stop- og vigepligts-tavle, stoplinje, hjænder, fodgængerfelt, cykelfelt osv.
- Ændret linjeføring af sti, så den krydser mere vinkelret på vej (≥ 75 grader)
- Forskudt linjeføring af sti, så den krydser længere fra vej-vej kryds
- Midter- og delehelle på vej, midterhelle på sti
- Sigtlængder for cyklister, fodgængere og bilister
- Trafiksanering fx bump, hævet stikrydsning, hævet krydsflade, sideheller (indsnævring), reduceret radius på krydshjørner osv.
- Trafikregulering for stien fx indkørselsforbud for motorkøretøjer, opsætning af steeler / pullerter, små radier på krydshjørner, midterhelle osv.
- Trafiksignaler og tilhørende trykknapper, detektorer osv.
- Advarselssignaler fx Torontoblink, HAWK, RRFB osv.
- Tavler – mange forskellige

2.8 Trafiksikkerhed i kryds med ... (Buch og Jensen, 2013)

I denne undersøgelse er opstillet ulykkesmodeller baseret på 384 ulykker med stitrafikanter (cykel og knallert) sket i perioden 2000-2011 i 776 prioriterede T- og F-kryds samt rundkørsler med dobbeltrettede cykelstier. Kryds blev inddelt i

grupper (sammenlignelige kryds), og ved lodtrækning blev et kryds fra hver gruppe udvalgt, og efterfølgende blev der udført trafiktællinger i 188 udvalgte kryds. Det blev undersøgt om kryds var ombygget i perioden 2000-2011.

De ulykkesmodeller, der blev opstillet, er potensmodeller med negativ binomialfordeling af typen:

$$UHT = a \cdot N_{vej}^{p_1} \cdot N_{sti}^{p_2} \cdot e^{\sum_{i=1}^n b_i x_i},$$

hvor N_{vej} er vejtrafikmængde, N_{sti} er stitrafikmængde, x_i er andre uafhængige variable og a , p_1 , p_2 og b_i er estimerede konstanter.

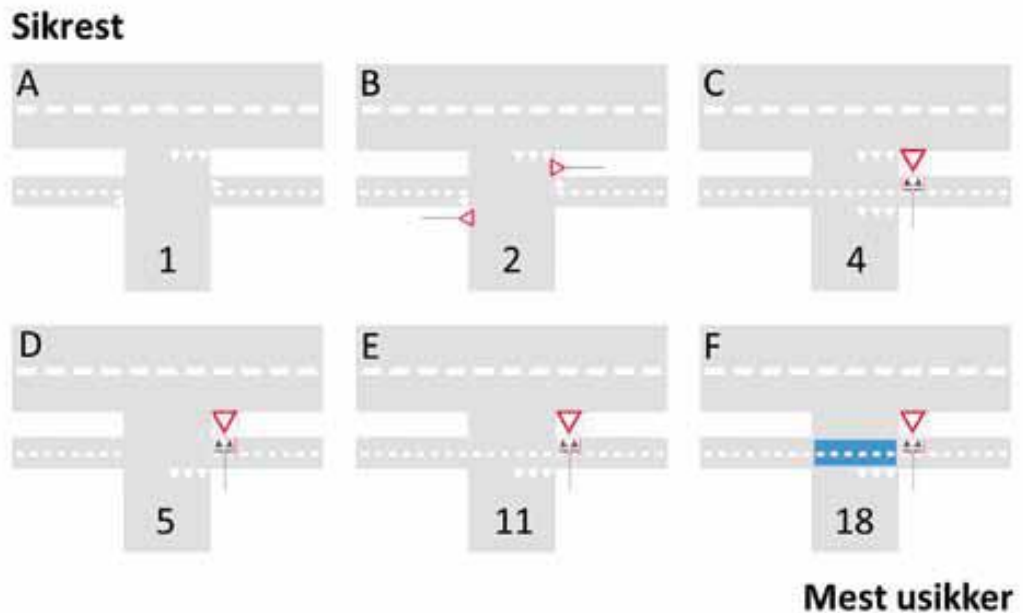
Kryds, hvor den dobbeltrettede cykelsti krydser en vej i et andet plan (bro eller tunnel), er udeladt af ulykkesmodelleringen. Der er opstillet modeller for 332 kryds, hvor udformningen har været den samme i alle 12 år 2000-2011, og her indgår 191 ulykker og 77 personskader. Der er opstillet modeller for 709 kryds med en ulykkesperiode af varierende længde, og her indgår 305 ulykker og 140 personskader.

I ulykkesmodellerne estimeres p_1 til 0,27-0,32 og p_2 til 0,34-0,39. Det er noget lavere p -værdier end i undersøgelsen af Schneider et al. (2021). Buch og Jensen (2013) finder således klare safety-in-numbers effekter, altså jo flere stitrafikanter der er, desto lavere er ulykkesfrekvensen – og jo flere vejtrafikanter der er, desto lavere er ulykkesfrekvensen.

Buch og Jensen (2013) finder, at fem andre uafhængige variable er klart statistisk signifikante. Disse er:

- **Midtlinje** på dobbeltrettet cykelsti gennem krydset: Afmærkning af en sådan midtlinje øger antallet af ulykker med stitrafikanter med ca. 100-200 %.
- **Farvet cykelfelt** (rødt eller blå) på dobbeltrettet cykelsti gennem krydset: afmærkning af sådant cykelfelt øger ulykkestallet med ca. 70 %.
- **Kanalisering** på overordnet vej og/eller sidevej i form af kantstensbegrænset eller afmærket helle: Sådant kanalisering øger ulykkestallet med ca. 100 %.
- **Vigepligtstavler** på sti og/eller vej: Tavler, der angiver ubetinget vigepligt for enten stitrafikanter eller vejtrafikanter, øger ulykkestallet med ca. 125-185 %.
- **Ubetinget vigepligt på sti eller vej**: Det er sikrest at pålægge stitrafikanter den ubetingede vigepligt over for vejtrafikanterne. Dog er det forholdsvist sikkert at pålægge vejtrafikanter ubetinget vigepligt, hvis stien krydser sidevej i prioriteret kryds et stykke fra den overordnede vej og der er afmærket hjattænder både ved stikrydsningen og ved den overordnede vej.

Det kan være vanskeligt at forstå ovenstående, og derfor udviklede Buch (2014) en serie af tegninger, der angiver almindelige vigepligtsregulerede T-kryds med dobbeltrettede cykelstier langs primærvejen, og her er angivet den relative risiko for cyklister i krydsene, se *Figur 3*.



Figur 3. Hovedtræk af resultater fra ulykkesmodeller – Relative risikotal for seks udformninger af vigepligtsreguleret kryds med dobbeltrettet cykelsti langs primærvej (Buch, 2014).

Undersøgelsen viser i øvrigt, at uheldsfrekvensen – i krydset, hvor sti krydser vej, og kun ulykker med cykler og knallerter involveret – er 0,09 ulykker pr. million motorkøretøjer, 0,47 cykelulykker pr. million cykler og 3,48 knallertulykker pr. million knallerter.

Ulykkesfrekvensen i kryds i to plan er 0,00, men medregnes 5 ulykker, hvor en stitrafikant har fravalgt at benytte stien, er ulykkesfrekvensen 0,01 ulykke pr. million motorkøretøjer og 0,34 ulykke pr. million stitrafikanter. Ulykkesfrekvensen i kryds i ét plan, hvor vejen har vigepligt overfor stien, er 0,18 ulykke pr. million motorkøretøjer og 0,85 ulykke pr. million stitrafikanter. Ulykkesfrekvensen i kryds i ét plan, hvor stien har vigepligt overfor vejen, er 0,01 ulykke pr. million motorkøretøjer og 0,20 ulykke pr. million stitrafikanter. Det er således markant mere sikkert at pålægge stitrafikanter vigepligt. Det er især i vej-sti kryds i forbindelse med rundkørsler og T-kryds, hvor venstresving ikke er tilladt, at ulykkesfrekvensen er markant højere, når vejtrafikken har vigepligt.

Ulykkesfrekvensen i kryds i ét plan afhænger meget af, hvem der skal vige for hvem. Men givet vigepligtsforholdene, så afhænger ulykkesfrekvensen også af, hvor stien er placeret i forhold til den parallelle vej, som stien løber langs med, se *Tabel 1*.

Stitrafikanter				Krydsende motorkøretøjer			
Afstand	Sti	Vej	I alt	Afstand	Sti	Vej	I alt
0-3,0 m	0,35	0,69	0,68	0-3,0 m	0,03	0,15	0,15
3,1-6,0 m	0,39	1,08	1,01	3,1-6,0 m	0,03	0,20	0,16
6,1-12,0 m	0,12	1,33	0,70	6,1-12,0 m	0,00	0,23	0,04
> 12,0 m	0,16	1,14	0,27	> 12,0 m	0,01	0,36	0,01
I alt	0,20	0,85	0,76	I alt	0,01	0,18	0,10

Tabel 1. Ulykkesfrekvenser afhængig af hvor meget stien er tilbagetrukket i forhold til vejen, og om sti- eller vejtrafikken har vigepligten i krydsene. Til venstre stiuulykker pr. million stitrafikanter og til højre stiuulykker pr. million krydsende motorkøretøjer. Baseret på 676 kryds og 309 ulykker.

Af Tabel 1 ses, at når vigepligten er pålagt stitrafikanter, så er det sikrest, at stien krydser vejen ca. 6-12 m fra den parallelle vej, da ulykkesfrekvenser her er lavest hhv. 0,12 ulykker pr. million stitrafikanter og 0,00 ulykker pr. million motorkøretøjer. Når vigepligten derimod er pålagt vejtrafikanten, så er det sikrest, at stien krydset vejen ca. 0-3 m fra den parallelle vej, idet ulykkesfrekvenser her er hhv. 0,69 ulykker pr. million stitrafikanter og 0,15 ulykker pr. million motorkøretøjer.

2.9 Risk of injury for bicycling on cycle tracks ... (Lusk et al., 2011)

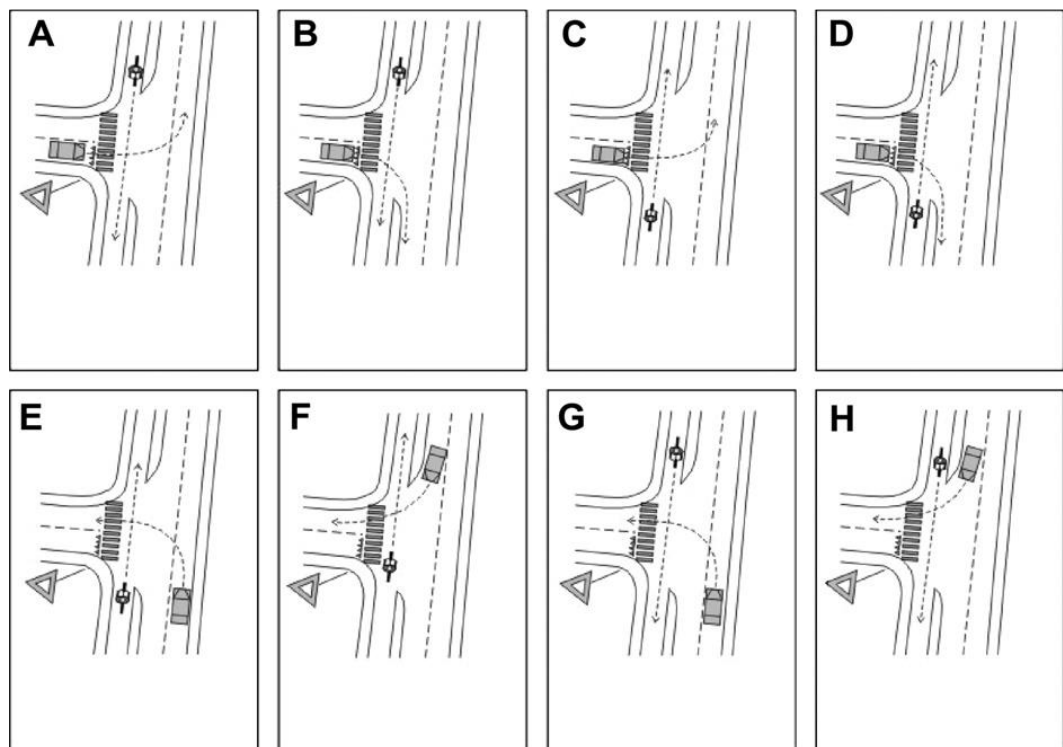
Undersøgelsen fokuserer på 6 gader med dobbeltrettede cykelstier, som sammenlignes med 6 andre sammenlignelige gader uden cykelstier – i alt 15,1 km vej. På disse gader er der forholdsvis mange signalregulerede kryds – ca. et for hver 100-150 m. De opgør antallet af cyklister og cykelulykker for de 12 gader. Og finder, at antallet af cykelulykker pr. million cyklede km er 28 % lavere på gader med dobbeltrettede cykelstier end på gader uden cykelstier. De finder også, at antallet af cyklister pr. døgn er ca. 2,5 gange større på gader med dobbeltrettede cykelstier end på gader uden cykelstier.

Denne med/uden undersøgelse giver desværre ikke svar på, om signalregulerede kryds med dobbeltrettede cykelstier er mere eller mindre sikre end signalregulerede kryds uden cykelstier. Den giver heller ikke svar på, om gader uden cykelstier er mere eller mindre sikre end gader med dobbeltrettede cykelstier. Baggrunden herfor er, at der ikke er taget højde for omfanget af biltrafik på de undersøgte gader og på tværs af disse gader. Der er heller ikke taget højde for ”Safety-in-numbers”, hvor risikoen for en cyklist typisk aftager, jo flere cyklister der er. Derudover er en med/uden undersøgelse ofte forbundet med store usikkerheder, da de matchede par af gader adskiller sig fra hinanden på mange forskellige måder.

Men undersøgelsen indikerer, at signalregulerede kryds med dobbeltrettede cykelstier muligvis kan være på samme sikkerhedsniveau som andre signalregulerede kryds uden dobbeltrettede cykelstier.

2.10 Reduction in car-bicycle conflict ... (Phillips et al., 2011)

I denne norske videobaserede undersøgelse indgår et vigepligtsreguleret T-kryds (Sørkedalsveien / Morgedalsvegen i Oslo) med en nyanlagt dobbeltrettet cykelsti langs den overordnede vej, som videofilmes hhv. 2 måneder, 4 år og 10 år efter stien er anlagt. I alt indgår 57 timers videooptagelser på hverdage kl. 08:00-09:30 og kl. 15:30-17:00. Stitrafikanter har ubetinget vigepligt overfor sidevejstrafik. I undersøgelsen opgøres trafikmængder, vigepligtsadfærd og konflikter (tydelig undvigemanøvre af mindst en trafikant) for 8 situationer, se *Figur 4*.



Figur 4. Klassificering af vigepligtsituationer i T-kryds med dobbeltrettet cykelsti ad overordnet vej (Phillips et al., 2011).

Der findes for de undersøgte timer, at der på sidevejen er 363, 350 og 331 biler pr. time hhv. 2 måneder, 4 år og 10 år efter anlæg af den dobbeltrettede cykelsti, og at der tilsvarende er 197, 184 og 218 cyklister pr. time. Trafikmængderne er således meget stabile. Der findes, at 3,3 %, 0,7 % og 0,4 % af cyklisterne er i konflikt med en bil på sidevejen hhv. 2 måneder, 4 år og 10 år efter anlæg af sti. Omfanget af konflikter falder således drastisk med tiden, så trafikanterne skal vænne sig til de nye forhold – og det tager tid. Man kan derfor forvente et større antal ulykker i tiden lige efter anlæg af dobbeltrettet cykelsti.

Cyklisters risiko for at indgå i en konflikt var ca. 4,5 gange højere for cyklister mod færdselsretningen (situation C, D, E og F i *Figur 4*) set i forhold til cyklister med færdselsretningen (situation A, B, G og H) i perioden 2 måneder efter anlæg

af stien. 4 år og 10 år efter anlæg af stien var cyklisteres risiko ca. 2,5 gange højere for cyklister mod færdselsretningen i forhold til cyklister med færdselsretningen, hvilket tyder på, sidevejstrafikanterne havde vænnet sig til, at cyklister cykler i begge retninger på stien. Selv efter tilvænning er det altså væsentligt farligere at cykle i den ”forkerte” retning.

Vigepligtsadfærden ændrede sig bemærkelsesvis ikke ret meget gennem tiden. Således veg bilister i 63 % af tilfældene for cyklister ad stien, mens cyklister veg i 22 % af tilfældene og begge parter veg i 15 % af tilfældene i perioden 2 måneder efter anlæg af stien. 4 år efter var de tilsvarende andele hhv. 61 %, 20 % og 19 %, og 10 år efter var de hhv. 61 %, 23 % og 16 %. De tal indikerer klart, at hverken bilister eller cyklister kender / har accepteret / har tillid til de faktiske vigepligtsforhold. De skal dog også nævnes, at umiddelbart ved siden af den dobbeltrettede cykelsti er der et fortovej, hvor der er fodgængerfelt over sidevejen, hvor bilister jo skal vige for fodgængere.

2.11 Road factors and bicycle-motor vehicle ... (Schepers et al., 2011)

I denne hollandske undersøgelse indgår 540 vigepligtsregulerede kryds, hvor der opstilles en række ulykkesmodeller for ulykker mellem biler og cykler baseret på trafiktællinger for alle kryds, 339 ulykker og detaljerede oplysninger om designet af hvert enkelt kryds. Der udarbejdes ulykkesmodeller, hvor to typer af ulykker indgår. I type I er ulykker med cyklister, der cykler ad den overordnede vej, og påkøres af en bil, der kører til eller fra sidevejen – heri indgår 490 kryds og 183 ulykker i ulykkesmodellen. I type II indgår ulykker, hvor cyklister, der cykler på tværs af den overordnede vej, påkøres af en bil på den overordnede vej – heri indgår 524 kryds og 156 ulykker i ulykkesmodellen.

De ulykkesmodeller, der blev opstillet, er potensmodeller med negativ binomialfordeling af typen:

$$UHT = a \cdot N_{vej}^{p_1} \cdot N_{sti}^{p_2} \cdot e^{\sum_{i=1}^n b_i x_i},$$

hvor N_{vej} er vejtrafikmængde, N_{sti} er stitrafikmængde, x_i er andre uafhængige variable og a , p_1 , p_2 og b_i er estimerede konstanter.

I ulykkesmodellen for type I ulykker estimeres p_1 og p_2 til henholdsvis 0,73 og 0,48. Langs den overordnede vej forløber der dobbeltrettede cykelstier ved 67 kryds, enkeltrettede cykelstier ved 191 kryds, cykelbaner ved 193 kryds og ingen cykelfacilitet ved 39 kryds. Ulykkesfrekvensen er 75 % højere ved kryds med dobbeltrettede cykelstier end ved andre kryds. Ulykkesfrekvensen er 45 % lavere ved kryds med enkelt- eller dobbeltrettede cykelstier placeret 2-5 m fra den overordnede vej end ved de andre kryds. Ulykkesfrekvensen er 47 % højere, når cykelfaciliteten er rød-farvet gennem krydset, og 74 % højere, når cykelfaciliteten har høj kvalitets afmærkning, og 153 % højere, når cykelfaciliteten både er rød-farvet

og har høj kvalitets afmærkning. Ulykkesfrekvensen er 51 % lavere, når der er en fartdæmpende overkørsel ved sidevejen. Hverken oversigtsforhold, antal kørespor på sidevejen, forekomst af venstresvingsbane på overordnet vej eller antal krydsben (T- eller F-kryds) var statistisk signifikant i modellen for type I ulykker.

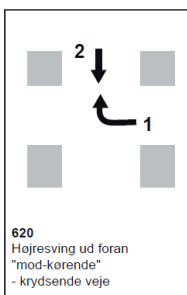
I ulykkesmodellen for type II ulykker estimeres p_1 og p_2 til henholdsvis 0,50 og 0,56. Her er der ingen andre signifikante uafhængige variable, da hverken fartdæmpende tiltag, antal kørespor, midterrabat eller venstresvingsbaner på den overordnede vej er signifikante – ej heller er antal krydsben signifikant.

Det væsentligste udbytte fra denne undersøgelse er, at vigepligtsregulerede kryds med dobbeltrettede cykelstier har en ca. 75 % højere ulykkesfrekvens end andre kryds. Placeringen af stien i forhold til den overordnede vej forekommer at være vigtig samt farvning og afmærkning af stien ved sideveje øger antallet af ulykker.

2.12 Trafikantadfærd i kryds med dobbeltrettede ... (Buch, 2011)

Undersøgelsen er et civilingeniør afgangprojekt ved DTU og der indgår vigepligtsregulerede kryds med dobbeltrettede cykelstier langs primærvejen. Der indgår 339 ulykker mellem cyklister/knallertkørere og krydsende biler i perioden 2006-2010 samt et observationsstudie af tre T-kryds.

Ulykkesanalysen viser, at 250 ulykker (74 %) er med stitrafikanter, der kører mod færdselsretningen i nærmeste kørespor, mens de 89 øvrige ulykker er med stitrafikanter, der kører med færdselsretningen. Hvis det antages, at der på dobbeltrettede cykelstier kører lige så mange stitrafikanter i hver kørselsretning (som en række data indikerer er tilfældet), så er det knap tre gange mere risikabelt at køre mod færdselsretningen end at køre med færdselsretningen i disse vigepligtsregulerede kryds.



232 ulykker var med biler, der kører ad sekundærvejen ind i krydset, mens 107 ulykker var med biler, der kører ad primærvejen og svinger ind på sekundærvejen og krydser stien. 125 ulykker er med højresvingende biler fra sekundærvejen og her kører stitrafikanten i 81 % af tilfældene mod færdselsretningen (situation 620), hvilket er en meget almindelig ulykkesituation, da en stor andel af de højresvingende bilister ikke orienterer sig mod højre ved udkørsel fra sekundærvejen. For ulykker med venstresvingende biler fra sekundærvejen er det kun i 47 % af tilfældene ulykker med stitrafikanter mod færdselsretningen.

Afstanden mellem primærvej og sti har stor betydning for fordelingen af ulykker med stitrafikanter hhv. med og mod færdselsretningen i nærmeste kørespor. Således er 73 % af ulykkerne med stitrafikanter mod færdselsretningen, når afstanden er 0,0-5,0 m mellem primærvej og sti, mens andelen er 77 % ved en afstand på 5,1-10,0 m, men kun 56 % ved en afstand på 10,1-15,0 m.

Observationsstudiet viser, at blandt de højresvingende bilister fra sekundærvejen orienterede hhv. 14 %, 2 % og 16 % i de tre T-kryds sig ikke mod højre, før de kørte ud på primærvejen. I disse kryds var der spærreflade eller midterrabat i vejmidte på primærvejen, så højresvingende bilister fra sekundærvejen skulle ikke orientere sig efter overhalende biler på primærvejen. I krydset, hvor kun 2 % ikke orienterede sig mod højre, var stien anlagt på en hævet flade over sekundærvejen, og der var ganske mange stitrafikanter, hvilke kan være forklaringen på den større orientering mod højre blandt de højresvingende bilister. Stort set alle venstresvingende bilister fra sekundærvejen orienterede sig til deres højre side før stien. Der var klare tendenser til, at jo hurtigere sekundærvejsbilisten kørte frem mod krydset, desto dårligere var deres orientering mod stitrafikanter.

Blandt stitrafikanterne udførte kun ca. 20-50 % (i gennemsnit ca. 33 %) en synlig orientering (hoveddrejning) i de enkelte kryds og for de to kørselsretninger, når der ikke var krydsende trafik på sekundærvejen. Når der var krydsende trafik på sekundærvejen, så foretog ca. 30-80 % (i gennemsnit ca. 43 %) en synlig orientering. Også her var der klare tendenser til, at jo hurtigere stitrafikanten kørte frem mod krydset, desto dårligere var deres orientering mod vejtrafikken.

2.13 Trafiksäkerhet och ... (Svensson og Pauna, 2010)

I denne svenske undersøgelse er ulykker, alvorlige konflikter og vigepligtsadfærd opgjort for syv steder, hvor en dobbeltrettet cykelsti krydser en vej. Der er også uddelt spørgeskort ved tre af stederne. Tre af stederne er rundkørsler, mens der er to vigepligtsregulerede T-kryds, et vigepligtsreguleret F-kryds og en strækning med et vej-sti kryds. For alle syv steder gælder, at cyklister fra den dobbeltrettede cykelsti har ubetinget vigepligt i forhold til vejtrafikanterne.

Alvorlige konflikter og vigepligtsadfærd er opgjort på baggrund af ca. 30 timers videooptagelse hvert sted. Der er registreret mellem 0 og 7 cykelulykker for hvert sted i perioden 2003-2009. Der er registreret mellem 8 og 20 alvorlige konflikter for hvert sted, eller mellem 0,27 og 0,67 alvorlige konflikter pr. studeret time. Mellem 28 % og 86 % af bilisterne veg for stitrafikanter på stederne. Bilernes gennemsnitshastighed ved stiens krydsning varierede mellem 31 og 48 km/t for de syv steder. Antallet af cyklister pr. time varierede mellem 50 og 143 i undersøgte timer på de syv steder.

Det interessante ved undersøgelsen er, at der er endog meget klare sammenhænge mellem flere forhold. Eksempelvis er det tydeligt, at en større og større andel af bilisterne viger for cyklisterne, jo større antallet af cyklister er pr. time. For det andet så falder antallet af alvorlige konflikter pr. cyklist, jo større andel af bilister, der viger for cyklister. For det tredje falder antal alvorlige konflikter pr. cyklist, jo større antal cyklister pr. time. Det tyder på et "safety-in-numbers" fænomen, og at det kan skyldes vigepligtsadfærden. Der er dog ikke opstillet klare relationer mellem ulykker og fx alvorlige konflikter i denne undersøgelse.

I spørgeundersøgelsen svarer 46 % af de 160 respondenter, at vigepligtsreglerne fungerer dårligt eller meget dårligt, hvor en dobbeltrettet sti krydser en vej. Kun 29 % svarer, at de er sikre på, hvordan vigepligtsreglerne er sådan et sted. Ses på de forskellige typer af steder, så svarer respondenterne, at bilisterne skal vige for cyklister fra stien i 28 % - 83 % af tilfældene – selvom de ikke skal vige i nogen af tilfældene. Det er således meget tydeligt, at vigepligtsreglerne er meget uklare for trafikanterne i Sverige, når en dobbeltrettet sti krydser en vej.

2.14 Oversteekongevallen met fietsers (Schepers og Voorham, 2010)

I denne hollandske undersøgelse findes med baggrund i krydsulykker og tællinger af cykeltrafik, at den relative risiko i kryds for at cykle mod færdselsretningen på en enkeltrettet cykelsti er ca. 5,5 gange højere end at cykle med færdselsretningen. På dobbeltrettede cykelstier langs vej er den relative risiko i kryds ca. 4,0 gange højere ved at cykle mod færdselsretningen i det nærmeste parallelle kørespor end at cykle med færdselsretningen. Det er altså betydeligt farligere ”at cykle i venstre side af vejen” end ”at cykle i højre side af vejen”.

Baseret på ulykkesmodeller for 504 vigepligtsregulerede kryds findes, at den relative risiko for cyklister i kryds med cykelbane er 1,03, med enkeltrettet cykelsti er 0,85, med dobbeltrettet cykelsti er 1,41 og med blandet trafik er 0,97. Dette tyder på, at det er $1,41 / 0,85 = 1,66$ gange farligere at cykle på en dobbeltrettet cykelsti gennem vigepligtsregulerede kryds end på en enkeltrettet cykelsti. Det ses også, at en enkeltrettet cykelsti forekommer at være mere sikker end både cykelbane og blandet trafik.

Baseret på ulykkesmodellerne findes, at overkørsel eller bump på sekundærvejen reducerer den relative risiko for cyklister med 70 %, når der er cykelbaner på primærvejen, og med 36 % med cykelstier på primærvejen. Der findes også, at rød farve på cykelfacilitet på tværs af sekundærvejen i krydset øger den relative risiko for cyklister med 31 %, når der er cykelbaner på primærvejen, og med 41 % med cykelstier på primærvejen. Øvrig afmærkning af cykelfacilitet på tværs sekundærvejen øger cyklisters risiko yderligere.

2.15 Signalreguleret fodgængerovergang (Jensen, 2008)

I denne før-efter ulykkesevaluering af signalregulering af ti fodgængerovergange i København har fem af de ti fodgængerovergange har en dobbeltrettet cykelsti ved siden af gangstien og fodgængerfeltet. Signalregulering af vej-sti kryds har medført et fald i antallet af ulykker og personskader med 25-30 %. Sikkerheden forbedres primært for fodgængere og cyklister med fald i ulykker på ca. 35 % og fald i personskader på ca. 45-50 %. Den gunstige sikkerhedseffekt opstår, fordi ulykker på strækninger og i vigepligtsregulerede kryds falder i antal op til ca. 120-150 m fra fodgængerovergangen, samt at ulykker i nærtliggende signalregulerede

kryds også falder i antal. De gunstige sikkerhedseffekter er kun fundet på veje med mere end 8.000 biler på hverdage i tidsrummet kl. 6-18.

2.16 Safety in numbers: more walkers and ... (Jacobsen, 2003)

På baggrund af en række andre studier finder Jacobsen, at relationen mellem antal gået og cyklet km og antal gang- og cykelulykker/-personskader/-dræbte bedst kan beskrives ved en potensfunktion, hvor antal gået eller cyklet km er opløftet til en potens på ca. 0,4. Det betyder, at når antallet af fx cyklede km stiger til det dobbelte, så øges antallet af personskader eller dræbte blandt cyklister kun med ($2^{0,4} = 1,32$) 32 %. På den måde falder den individuelle cyklists risiko ved at cykle en km ($1 - 2^{0,4}/2 = 0,34$) med 34 %, når det samlede cykeltrafkarbejde fordobles. Derved opstår "safety-in-numbers" fænomenet, der betyder, at jo flere der går eller cykler, desto større bliver sikkerheden for den enkelte gående eller cyklist.

Potensen på ca. 0,4 bør også kunne fremgå af ulykkesmodeller, som bl.a. indgår i afsnit 2.2, 2.5, 2.8 og 2.11. Det skal dog nævnes, at ulykkesmodeller i disse afsnit også indeholder mængden af biltrafik som uafhængig variabel, hvilket Jacobsens modeller ikke gør, hvorfor potenserne, som er beskrevet i afsnit 2.2, 2.5, 2.8 og 2.11, meget vel kan være noget forskellig fra 0,4.

2.17 Car drivers' adjustments to ... (Räsänen og Summala, 2000)

I denne undersøgelse ses på indkørende bilisters orientering mod cyklister i seks rundkørsler i Finland, Sverige og Danmark. Rundkørslerne er vigepligtsregulerede og har en cykelfacilitet (cykelbane, enkelttrettet eller dobbelttrettet cykelsti placeret mellem 0,0 og 5,0 m fra cirkulationsarealet). I rundkørslerne har stuntmænd cyklet rundt hhv. med og mod uret, og indkørende bilisters orientering er samtidig blevet videofilmet. 2.152 bilisters orientering og adfærd er analyseret, heraf 373 bilister, hvor en stuntmand kommer cyklende enten fra bilistens venstre eller højre side.

Bilisters hastighed på vej ind i rundkørslerne var vidt forskellig og der var stor forskel mellem de enkelte rundkørsler, hvor indkørsels gennemsnitshastigheden varierede mellem 19 og 34 km/t for fritkørende bilister.

Mellem 7 og 15 % af bilførerne (gennemsnit for alle seks rundkørsler: 13,8 %) kiggede slet ikke mod højre, når stuntmanden kom cyklende fra bilistens højre side. Andelen af bilførere, der slet ikke kiggede mod højre, var langt højere typisk omkring 50 %, når stuntmanden kom cyklende fra bilistens venstre side eller der slet ikke var nogen cyklist.

Antallet af bilister som veg for cyklister blev også opgjort. Bilisterne veg langt oftere for cyklister kommende fra deres venstre side end for cyklister kommende fra

deres højre side. Bilisterne veg langt oftere for cyklister, når der var andre motor-køretøjer i rundkørslen. Bilisterne veg sjældent (kun i ca. 15-20 % af tilfældene) for cyklister i Finland, noget oftere for cyklister i Sverige (ca. 40-50 %) og langt oftere for cyklister i Danmark (ca. 60-70 %). Disse variationer i vigepligtsadfærd kan i nogen udstrækning forklares med bilisters hastighed, rundkørslernes design, vigepligtsreglerne og antallet af cyklisters pr. time i rundkørslerne.

Studiet viser klart, at man ikke kan forvente, at bilister, der kører ind i rundkørsler, orienterer sig mod højre. Derfor er det forbundet med meget stor risiko at pålægge bilister ubetinget vigepligt over for både gang- og cykeltrafik kommende fra den indkørende bilists højre side – her bør den ubetingede vigepligt pålægges gang- og cykeltrafikken.

2.18 An expert judgment model applied to ... (Leden et al., 2000)

I denne undersøgelse vurderes, hvad det betyder for cyklisters trafiksikkerhed at hæve en dobbeltrettet cykelsti med ca. 10 cm og farve den rødt ved krydsning af sidevej i et vigepligtsreguleret T-kryds i Gøteborg, Sverige. Vurderinger baseres på 1) model med vurderinger af sammenhænge mellem cyklisters risiko og bilers hastighed, cyklisters hastighed og trafikmængder blandt 13 eksperter fra en række lande, 2) målinger af hastigheder og trafikmængder før og efter etablering af hævet og farvet stikrydsning, 3) konfliktstudier ud fra 225 timers videooptagelser, og 4) empiriske studier af sammenhænge mellem cyklisters risiko og bilers fart før en evt. undvigemanøvre i konflikter.

Forskerne finder, at højresvingende bilers hastighed faldt fra 12,2 til 7,4 km/t ved etablering af hævet og farvet cykelstikrydsning, mens cyklisters hastighed steg fra 19,1 til 21,6 km/t. De finder, at antallet af cyklister er steget fra før til efter etablering af hævet og farvet cykelstikrydsning. Ud fra ekspertvurderinger og empiri findes forholdsvis klare relationer mellem cyklisters risiko og bilers hastighed, cyklisters hastighed og antal cyklister.

På baggrund af en kompleks model, hvor både målinger, ekspertvurderinger og resultater af konfliktstudier indgår, så er forskernes bedste vurdering, at den enkelte cyklists risiko er faldet med ca. 20 % som følge af etablering af hævet og farvet cykelstikrydsning. Faldet skyldes, at bilers hastighed faldt. Stigningen i cyklisters hastighed ser – alt andet lige – ud til at få risikoen til at stige. Effekten af farvning af stien synes uklar.

Samme resultat fandt de i et tidligere studie af samme tiltag (Gårder et al., 1998), men her fandt de også ud fra en før-efter ulykkesevaluering, at antallet af cykelulykker faldt med 33 %, men evalueringen var kun baseret på 20 ulykker.

2.19 Attention and expectation ... (Räsänen og Summala, 1998)

I dette studie dybdeanalyseres 234 cykelulykker sket på cykelstier og i kryds med cykelstier i Finland. Der findes bl.a. for ulykker mellem cyklister og bilister, at hverken bilist eller cyklist foretager undvigemanøvrer forud for kollision i 37 % af ulykkerne, mens bilist forsøger at undvige i 27 % af ulykkerne og cyklist i 24 % af ulykkerne samt både bilist og cyklist begge forsøger at undvige i de resterende 12 % af ulykkerne.

Af de 234 ulykker er 97 ulykker mellem bil og cykel sket, hvor en dobbeltrettet cykelsti krydser en vej ved et vej-vej-kryds. I vigepligtsregulerede kryds er der sket 30 ulykker med en bilist kommende fra sidevejen, se fordeling af de ulykker i *Figur 5*.

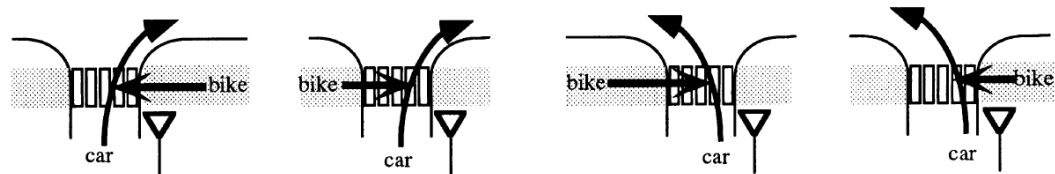
1A The car turns, cycle track crosses before road crossing

1A1 19 acc.

1A2 2 acc.

1A3 7 acc.

1A4 2 acc.



Figur 5. Fordeling af cykelulykker i vigepligtsregulerede kryds med bilist fra sidevej (Räsänen og Summala, 1998).

Af *Figur 5* ses, at de fleste ulykker (19 ud af 30) er med højresvingende biler, der påkører en cyklist kommende fra sin højre side. I 50 % af ulykkerne har cyklister forsøgt at undvige ulykken, mens kun 13 % af bilisterne har forsøgt dette. Baggrunden herfor er, at de fleste bilister i disse ulykker simpelthen ikke ser cyklisten før kollision, mens omkring to tredjedele af cyklisterne faktisk ser bilerne.

Hvor stien krydser en sidevej, og cyklister påkøres af svingende biler fra den overordnede vej, er der sket 31 ulykker. I de ulykker forsøger 38 % af cyklisterne og 39 % af bilisterne at undvige ulykken.

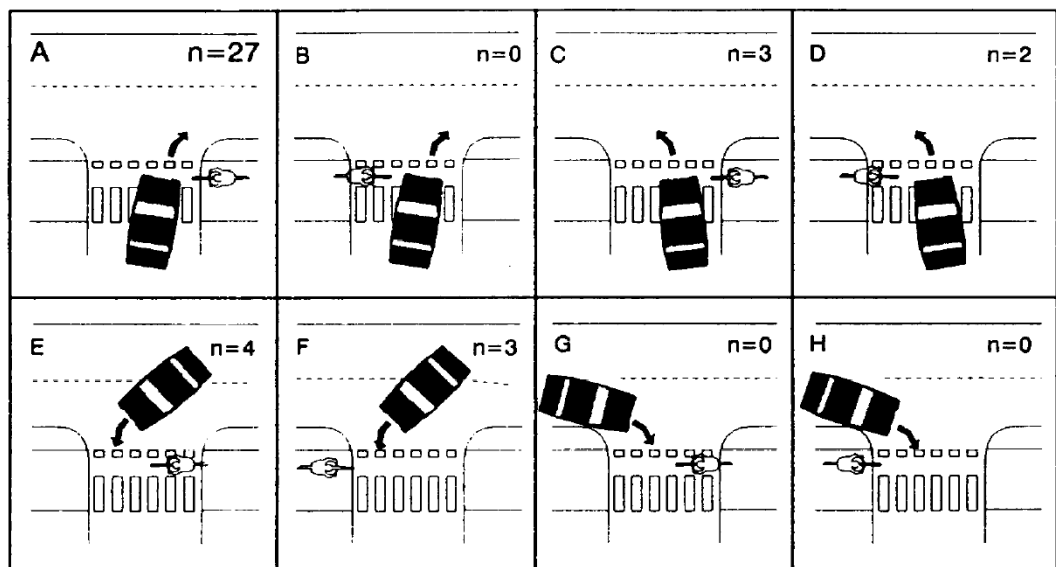
Hvor stien krydser en overordnet vej, og cyklister påkøres af biler kørende ligeud på den overordnede vej, er der også sket 31 ulykker. I de ulykker forsøger kun 10 % af cyklisterne men hele 69 % af bilisterne at undvige ulykken. Baggrunden for dette aparte billede er, at halvdelen af cyklisterne slet ikke ser bilerne, og 40 % har ikke tid til at reagere/undvige, da de ser bilen for sent. Omvendt ser langt de fleste bilister cyklisterne, og da de ikke har rettet deres opmærksomhed mod andre, så forsøger en stor andel at undvige.

Forskerne konkluderer, at kun i 17 % af bil-cykel-ulykker har hverken bilist eller cyklist set modparten. I 83 % af ulykkerne har en eller begge parter, således set

modparten og evt. haft tid til at reagere. De angiver, at trafikanter i visse tilfælde har deres opmærksomhed rettet mod det forkerte i kritiske tidsrum / situationer, og at trafikanter i visse tilfælde forventer en anden reaktion fra modparten eller misforstår en bremseadfærd for at være en vigemanøvre. Det nævnes, at ulykker evt. ville kunne forebygges ved at ændre vigepligtsforholdene eller ved at ændre afmærkning og krydsudformning.

2.20 Bicycle accidents and drivers' visual ... (Summala et al., 1996)

Dette finske studie ser på cykelulykker og bilister visuelle orienteringsstrategier i vigepligtsregulerede kryds med dobbeltrettede cykelstier langs den overordnede vej. I årene 1987-89 skete der 39 ulykker mellem cykel og bil i 25 vigepligtsregulerede kryds, heraf 19 T-kryds og 6 F-kryds, med dobbeltrettede cykelstier langs den overordnede vej, hvor bilisten svinger ud fra eller ind på sidevej, se *Figur 6*.



Figur 6. 39 ulykker i 25 vigepligtsregulerede kryds med bilist (Summala et al., 1996).

Af *Figur 6* ses, at 27 af de 39 ulykker er med en højresvingende bilist, der kører ud fra sidevejen og påkører cyklist kommende fra højre. I Finland havde bilister dengang enten ubetinget vigepligt eller højrevigepligt overfor de cyklister. Denne ulykkestype er således voldsomt overrepræsenteret, og en væsentlig forklaring på, at det er farligere at cykle mod færdselsretningen end med færdselsretningen i nærmeste kørespor, når man cykler ad dobbeltrettede cykelstier langs vej.

Sidevejsbilisters visuelle orientering blev undersøgt ved to vigepligtsregulerede T-kryds ved at opstille og optage med to synkroniserede videokameraer, der dels optog nærbilleder af bilisten direkte forfra og direkte fra venstre side. Det var derved muligt at få en ret nøjagtig angivelse af bilisters hovedbevægelser. I alt blev 111 bilisters orientering undersøgt, hvoraf 77 svingede til venstre og 34 svingede til

højre. De fandt, at sidevejsbilisterne orienterede sig mest mod højre hhv. 6 og 9 m før cykelstien både blandt højre- og venstresvingende bilister. Her orienterede mellem 60 og 100 % af venstresvingende bilister sig mod højre, mens det kun var 3-7 % af højresvingende bilister, der så mod højre.

I seks vigepligtsregulerede kryds undersøgte, hvad etablering af afmærkning af advarselstrekant på sidevej før cykelsti, bump på sidevej før cykelsti, stoptavler på sidevej, hævet stikrydsning, farvning af stikrydsning, flytning af stikrydsning samt information til beboerne på sidevej havde af betydning for bilisters visuelle orientering. Antallet af undersøgte højresvingende bilister pr. kryds var for få til at give konklusioner om de enkelte tiltag, men på tværs af de seks kryds faldt andelen af ”farlige” bilister som kun så mod venstre fra 43 til 25 %, mens andelen af ”sikre” bilister som så både mod højre og venstre steg fra 8 til 31 %. Et nærmere eftersyn indikerer, at bump, stoptavler og hævet stikrydsning var effektive til at forbedre bilisternes visuelle orientering, mens afmærkning af advarselstrekant, farvning af stikrydsning, flytning af stikrydsning og information til beboere var ineffektive.

2.21 Risk factors for bicycle-motor ... (Wachtel og Lewiston, 1994)

I Palo Alto, Californien, USA udførte forfatterne et større studie af cyklisters risiko baseret på en lang række manuelle tællinger samt ulykker mellem cyklister og biler i kryds. De finder bl.a., at den relative risiko ved at cykle mod færdselsretningen i nærmeste kørespor er ca. 3,6 gange højere end at cykle med færdselsretningen.

Hvis cyklisten cykler på fortovet, så er den relative risiko ca. 2,0 gange højere ved at cykle mod færdselsretningen i nærmeste kørespor end med færdselsretningen. Men hvis cyklisten i stedet cykler på kørebanen (vejen), så er den relative risiko ca. 4,5 gange højere ved at cykle mod færdselsretningen. Tællingerne viser, at på fortovet cykler 32 % mod færdselsretningen i nærmeste kørespor og på kørebanen er det 5 %. En tredjedel af cyklisterne cykler på fortovet.

I Palo Alto var der på daværende tidspunkt kun meget få cykelstier og cykelbaner, og cykelstier var dobbeltrettede og er henført som værende fortov i undersøgelsen, mens cykelbaner er henført som værende kørebane.

2.22 Safety implications of bicycle paths at ... (Gårder et al., 1994)

På baggrund af en række ekspertvurderinger, stopinterviews blandt cyklister og meta-analyser af tidligere før-efter ulykkesevalueringer udføres en vurdering af sikkerhedsvirkningen af etablering af dobbeltrettede cykelstier ved signalregulerede kryds.

Ud fra ekspertvurderinger anslås anlæg af dobbeltrettede cykelstier ved signalregulerede kryds at medføre en stigning i cyklisters risiko på ca. 20 % i krydsene. De stoppede cyklister er af en anden opfattelse, idet de forventer, at deres risiko falder med ca. 20 %, når der etableres dobbeltrettede cykelstier i lyskryds. Metaanalysen, som i første omgang medtog 20 tidligere studier, er baseret på fire store studier – alle fra Sverige – og der findes, at cyklisters risiko stiger ca. 40 %, når der etableres dobbeltrettede cykelstier i signalregulerede kryds (set i forhold til en situation uden cykelfacilitet, altså blandet trafik).

2.23 Models for predicting accidents ... (Brüde og Larsson, 1993)

På baggrund af 432 cykelulykker i 377 kryds opstiller forskerne ulykkesmodeller med Poisson fordeling af typen

$$UHT = a \cdot N_{bil}^{p_1} \cdot N_{cyk}^{p_2},$$

hvor N_{bil} er indkørende biltrafik til krydset pr. årsdøgn, N_{cyk} er indkørende cykeltrafik til krydset pr. årsdøgn og a , p_1 og p_2 er estimerede konstanter.

De estimerer p_1 til 0,52 og p_2 til 0,65 samt a til 0,0000180. Der indgår både signalregulerede og vigepligtsregulerede T-kryds og F-kryds samt rundkørsler med fire vejgrene og kryds med både 50 km/t og 70 km/t hastighedsbegrænsning. Overraskende finder de, at den ene model passer nogenlunde til alle krydstyperne.

De opstiller også ulykkesmodeller på baggrund af 165 fodgængerulykker i 285 kryds, og estimerer p_1 til 0,50 og p_2 til 0,72 samt a til 0,00000734. Også denne ene model passer nogenlunde til alle krydstyperne.

3. Love og regler om dobbeltrettet cykelsti

I kapitlet er de overordnede forhold og anbefalinger om dobbeltrettede cykelstier nævnt i cirkulærer, bekendtgørelser samt diverse vejregelhåndbøger omtalt. Der er i kapitlet særlig fokus på dobbeltrettede cykelstier i kryds.

3.1 Det lovgivningsmæssige

I *Bekendtgørelse om anvendelse af vejafmærkning*, BEK nr 2510 af 09/12/2021, står bl.a.:

§ 113. Cykelsti langs vej må kun afmærkes for dobbeltrettet trafik, når stien opfylder betingelserne i Vejdirektoratets cirkulære om etablering af dobbeltrettet cykelstier langs vej.

Stk. 2. Dobbeltrettet cykelsti skal afmærkes med *D 21 Cykelsti*, *D 26 Delt sti* eller *D 27 Fællessti* forsynet med undertavle *UD 21,1* og *UD 21,2*.

Stk. 3. Tavlerne skal opsættes, hvor stien begynder og slutter og ved alle vejkryds.

Stk. 4. Ved vejkryds opsættes tavlerne efter krydset set i forhold til en cyklist, der kører i venstre vejside på den dobbeltrettede sti.

Stk. 5. Den dobbeltrettede cykelsti skal afmærkes med smal punkteret linje med streg og mellemrum af samme længde. Linjen skal fortsættes over sideveje og udkørsler.

Stk. 6. Ved sideveje skal afmærkes med *V 21 Cykelsymbol* på begge sider af linjen.

Stk. 7. Hvor *B 11 Ubetinget vigepligt* eller *B 13 Stop* er opstillet ved dobbeltrettet cykelsti, skal tavlen forsynes med undertavle *UB 11,2 Dobbeltrettet cykelsti*.

Stk. 8. Hvor cyklisterne skal benytte cykelsti i venstre vejside, skal *D 21* med undertavle *UD 1* opstilles i højre vejside.

I tilknytning til stk. 4 så anbefales, at tavlerne opsættes ved trafikerede overkørsler fx ved ind- og udkørsel til tankstationer og ved campingpladser.

Det skal bemærkes til stk. 5 og 6, at afmærkning af smal punkteret midtlinje over sideveje og ind- og udkørsler og *V21* cykelsymboler ved sideveje kun udføres, hvis trafikanter på sideveje og ind- og udkørsler har ubetinget vigepligt overfor stitrafikanter på den dobbeltrettede sti. Det skal her yderligere bemærkes, at der ikke er angivet i lovgivningen, hvem der skal pålægges ubetinget vigepligt – sidevejstrafikanter eller stitrafikanter.

Til afmærkningen i kryds er det vigtigt at forholde sig til §199 i *Bekendtgørelse om anvendelse af vejafmærkning*, BEK nr 2510 af 09/12/2021:

S 21 Cykelfelt

§ 199. S 21 må ikke etableres for cyklister og førere af lille knallert, som har ubetinget vigepligt eller højre vigepligt.

Stk. 2. Cykelfelt skal afmærkes med bred punkteret linje. Som minimum skal cykelfeltets venstre begrænsning afmærkes frem til adskillelsen mellem færdselsretningerne på den tværgående vej. Linjen kan dog udelades, hvis cykelfeltet afmærkes med blå farve, og feltet føres helt gennem krydset, jf. dog stk. 5.

Stk. 3. V 21 Cykelsymbol skal altid afmærkes i feltet.

Stk. 4. Hvis belægningen på en sti bliver ført igennem et kryds, skal der afmærkes et cykelfelt med bred punkteret linje og cykelsymbol.

Stk. 5. Blå farve må ikke anvendes i cykelfelt i rundkørsler.

Et cykelfelt må ikke afmærkes, hvis stitrafikanter på den dobbeltrettede cykelsti har ubetinget vigepligt eller højre vigepligt. I disse tilfælde afmærkes heller ikke V21 Cykelsymboler og heller ikke smal punkteret midtlinje ved stiens krydsning af vej. Med den nye BEK nr 2510 af 09/12/2021 er det ikke længere tilladt af afmærke blå cykelfelt i rundkørsler.

Hvis en dobbeltrettet cykelsti ikke forløber direkte langs vej, men i stedet forløber i egen tracé, således at den ikke fungerer sammen med en vej, skal den ikke afmærkes som dobbeltrettet cykelsti (så tavler D21, D26, D27, UD21,1 og UD21,2 skal ikke opsættes).

For at en sti antages at være i egen tracé og derfor uden afmærkning kan betragtes som en dobbeltrettet fællessti, bør følgende kriterier iagttages og følges:

- Hvis stien forløber parallelt med vej, må den ikke have færdselsmæssig forbindelse med vejen, ligge i umiddelbar nærhed til denne eller krydse sidevejs-tilslutningen.
- Hvis stien over en kort strækning løber i umiddelbar nærhed af en vej, skal der på denne strækning etableres fysisk adskillelse mellem vej og sti.

Hvor en sti i egen tracé krydser en vej (vej-sti kryds) udføres tit trafikregulerende foranstaltninger for bl.a. at undgå færdsel med uvedkommende motorkøretøjer på stien, at synliggøre krydset for trafikanter samt at reducere trafikanters hastighed. Sådanne foranstaltninger kan være bomme, bump, tavler osv.

Det skal bemærkes, at der ikke forefindes normmæssige krav (fastlagt ved lov) til minimumsbredden for stier i egen tracé. Smalle stier i egen tracé som fx flere af stierne ovenpå nedlagte jernbaner er således fuldt lovlige.

I *Cirkulære om etablering af dobbeltrettede cykelstier langs vej*, CIR nr 95 af 06/07/1984, står bl.a.:

Når dobbeltrettet cykelsti etableres, skal følgende betingelser være opfyldt:

a. Dobbeltrettet cykelsti uden for bymæssig bebyggelse.

- 1) Der bør ikke være stærkt trafikerede sideveje på strækningen. Stien må ikke forlægges fra den ene side til den anden, medmindre der er truffet foranstaltninger, der løser konflikterne mellem stitrafikanterne og de motorkørende. Hvor en dobbeltrettet sti krydser en stærkt trafikeret vej uden for vej-kryds, bør krydsningen udføres ude af niveau, signalreguleres eller afbrydes med forskudte bomme. Det skal i denne forbindelse understreges, at en signalregulering, der sikrer stitrafikanterne effektivt, er vanskelig at etablere. Den vil ofte påvirke kapacitet og ventetider væsentligt.
- 2) Der skal etableres en rabat mellem cykelstien og vejens kørebane. Rabatten skal have en bredde af mindst 1 m. Såfremt rabatbredden er mindre end 1,5 m, skal der etableres særlige foranstaltninger til beskyttelse af stitrafikanterne, f.eks. hegn, autoværn eller ekstra kantpæle. De nævnte dimensioner er minimumskrav, som det normalt kun vil være forsvarligt at anvende ved anlæg af stier langs mindre veje. For større veje anbefales en rabatbredder på 3 m.
- 3) Etablering af højresvingsbane før en sidevej vil være af sikkerhedsmæssig værdi for stitrafikanterne. Når der anlægges højresvingsbane, indsnævres skillerabatten mod kørebanen til 0,5 m eller erstattes af en kantstensafgrænsning. Skillerabatten skal indsnævres tilsvarende ved signalreguleret kryds, jfr. pkt. c 2.
- 4) Ved vejkryds må de i 2) nævnte rabatter højst være 6 m brede. Oversigten i krydset skal være tilstrækkelig til at sikre, at bilister, som krydser stien, og som har vigepligt over for cyklisterne, kan overholde denne vigepligt.
- 5) Dobbeltrettede cykelstier skal anlægges i mindst 2,5 m bredde. Anvendes stien sammenlagt af ganske få trafikanter, kan den anlægges i 2,0 m bredde. Dobbeltrettede fællesstier skal anlægges i mindst 3 m bredde. Anvendes stien sammenlagt af ganske få trafikanter, kan den anlægges i 2,5 m bredde. Er stien afgrænset af autoværn, rækværker, træer og lignende faste genstande, skal der desuden være et breddetillæg på mindst 0,3 m. Ved signalregulerede kryds gælder i visse tilfælde særlige begrænsninger af stibredden, jfr. pkt. c 2.
- 6) Dobbeltrettede cykelstier bør så vidt muligt afsluttes i tilknytning til vejtilslutninger, hvor trafikanterne i forvejen må være forberedt på krydsende trafikanter. Ved stiers ophør bør der etableres bomme, rækværker eller andre foranstaltninger, der kan medvirke til, at stitrafikanter, der kører i venstre side af vejen, nedsætter hastigheden. Afslutningen må ikke placeres på strækninger med utilstrækkelige oversigtsforhold. Bomme m.v. ved afslutning af stier skal være belyst.
- 7) Hvor en dobbeltrettet sti langs en primærvej krydser en mindre sidevej, og stien i helt overvejende grad anvendes af cyklister, kan stier føres på en overkørsel tværs over sidevejestilslutningen. Sådanne overkørsler må ikke benyttes ved større vejtilslutninger og i signalregulerede kryds.

b. Dobbeltrettet cykelsti i bymæssig bebyggelse

- 1) Se a 1).
- 2) Der skal etableres en rabat mellem cykelstien og vejens kørebane. Rabatten skal have en bredde af mindst 1 m, medmindre der er etableret særlige foranstaltninger til beskyttelse af stitrafikanterne, f.eks. hegn, autoværn eller heller.
- 3) Se a 3).
- 4) Se a 4).
- 5) Dobbeltrettede cykelstier skal anlægges i mindst 2,5 m bredde. Dobbeltrettede fællestier skal anlægges i mindst 3 m bredde. Er stien afgrænset af autoværn, heller eller rækværker, træer eller lignende faste genstande, skal der desuden være et breddetillæg på mindst 0,3 m. Ved signalregulerede kryds gælder i visse tilfælde særlige begrænsninger af stibredden, jfr. pkt. c 2).
- 6) Se a 6).
- 7) Se a 7).

c. Dobbeltrettet cykelsti i signalreguleret kryds.

- 1) Uanset trafikintensiteten skal det være klart for alle tilladte cykelstrømme, hvorledes de skal forholde sig i krydset. Det skal således for alle svingende cykelstrømme til eller fra den dobbeltrettede cykelsti være klart og entydigt fastlagt, hvordan og med hvilke vigepligtsforhold disse sving skal foretages. Der må kun anvises køremåder, som kan forventes anvendt af cyklisterne. Hvis en svingende cykelstrøm ikke er separat reguleret, skal rækkefølgen af faserne i et signalanlæg med mere end to faser forløbe naturligt. Forekommende rækkefølger må ikke være så uventede, at der er risiko for, at cyklisterne foretager svinget på et u hensigtsmæssigt tidspunkt i signalomløbet.
- 2) Når en dobbeltrettet cykelsti ligger til højre for en vognbane med højresvingende trafik, og de to deltilfarer har fælles periode med grønt lys, må den dobbeltrettede cykelsti på en passende strækning før stoplinien højst være 3 m bred og en eventuel rabat mod vognbanen højst 0,5 m bred.
- 3) Den dobbeltrettede cykelstis to modkørende cykelstrømme skal have grønt lys samtidig. Cyklisterne skal endvidere have grønt lys samtidig med et fodgængerfelt ved siden af cykelstien. Små afvigelser, der følger af forskelle i rømningstid, kan dog accepteres.
- 4) Konflikter mellem højresvingende motorkøretøjer og modkørende cyklister og mellem venstresvingende motorkøretøjer og medkørende cyklister kan være løst ved separat regulering af de svingende motorkøretøjer eller ved separat regulering af cyklisterne. Hvis dette ikke er tilfældet, skal motorkøretøjernes sving foregå fra en vognbane, og denne må ikke benyttes af ligeudkørende motorkøretøjer. Endvidere skal konfliktsituationerne fremtræde tydeligt under alle forhold. I alle situationer skal der være tydelig afmærkning med færdselstavler og kørebaneafmærkning, og cykelstien skal som minimum være belyst i overensstemmelse med cirkulære af 26. september

1979 om vejbelysning, pkt. 2.1.7, stk. 4, og pkt. 2.2.4. Nærmere regler om anvendelse af farvet belægning af cykelarealer vil senere fremkomme.

- 5) Hvis cyklister fra dobbeltrettet cykelsti signalreguleres separat, skal det ske ved mindst to særlige cyklistsignaler for hver retning. Når cyklister fra dobbeltrettet cykelsti kan køre frem samtidig med svingende motorkøretøjer, skal der alene anvendes almindelige køretøjssignaler, medmindre cyklisternes signaler af særlige grunde skal veksle anderledes end hovedsignalet for den pågældende retning. Der kan således anvendes forskellige lanterne typer for hver retning af cykelstien.
- 6) Efter ibrugtagning af signalregulerede kryds med dobbeltrettet cykelsti og ved senere ændringer af de trafikale forhold i sådanne kryds, bør det særligt omhyggeligt kontrolleres, at trafikafviklingen foregår rimeligt sikkert. Det kan især ved større kryds vise sig nødvendigt at afmærke tydeligere end først antaget eller signalregulere eventuelle konflikter, der indebærer større risici end først antaget.

Der skal gives flere bemærkninger til *Cirkulære om etablering af dobbeltrettede cykelstier langs vej*, CIR nr 95 af 06/07/1984.

Et væsentligt element er nævnt i punkt a 4), hvor der anføres, at ved vejkryds må rabatter mellem kørebanen og den dobbeltrettede cykelsti højst være 6 m brede. Det kan fortolkes, således at den dobbeltrettede cykelsti er at betragte som en sti i egen tracé, hvis rabatten er bredere end 6 m. Hvis det er rigtigt fortolket, betyder det, at når en rabat er bredere end 6 m, så cykler stitrafikanter på en sti i egen tracé og har ubetinget vigepligt over for vejtrafikken (i det som nu må betragtes som et vej-sti kryds og i henhold til §26 stk. 3 i Færdselsloven: ”Cyklist eller knallertkører, som fra en cykelsti, der ikke er anlagt i forbindelse med en vej, kører ind på eller over en vej ... har ligeledes ubetinget vigepligt”), når der ikke er afmærket anderledes. Da trafikanterne sjældent har målebånd med på tur, så er det særligt vigtigt at afmærke vigepligtsforholdene, når rabatten mellem kørebanen og den dobbeltrettede cykelsti ved kryds er fx 5-15 m bred.

Det skal dog bemærkes, at der i cirkulæret ikke er anført vigepligtsregler for ikke signalregulerede kryds.

I punkt a 6) er anført, at bomme mv. ved afslutning af stier skal være belyst. Det ses dog desværre rimeligt ofte, at bomme mv. ikke er særlig godt belyst eller slet ikke belyst, særligt når stien i egen tracé er uden belysning.

I punkt c 4) er anført, at der skal være separat højresvingsbane i tilfarten med den dobbeltrettede cykelsti i signalregulerede kryds, og separat venstresvingsbane i den modstående tilfart til tilfarten med den dobbeltrettede cykelsti.

I punkt c 4) er desuden anført, at nærmere regler om anvendelse af farvet belægning af cykelarealer vil senere fremkomme. Der er dog ikke fremkommet sådanne nærmere regler, selvom cirkulæret har mere end 30 år på bagen.

3.2 Anbefalinger i vejregelhåndbøger

Dobbeltrettede cykelstier er nævnt i 37 håndbøger, og i 13 andre publikationer såsom diverse viden- og dokumentationsrapporter. Nedenfor følger en opsamling af de vigtigste informationer fra relevante håndbøger mv.

Om stier i egen tracé og vej-sti kryds:

I håndbøgerne *Tværprofiler i byer* (Vejdirektoratet, januar 2019) og *Tværprofiler i åbent land* (Vejdirektoratet, februar 2021) er der anført en vejledende bredde på 2,5 m for dobbeltrettet cykelsti i egen tracé og 3,0 m for dobbeltrettet fællessti i egen tracé. Dog anføres i *Tværprofiler i åbent land*, at bredden kan reduceres til hhv. 2,0 og 2,5 m på strækninger, hvor der sammenlagt er ganske få stitrafikanter.

Vej-sti krydsene er bl.a. behandlet i håndbogen *Krydsninger mellem stier og veje* (Vejdirektoratet, april 2016), som er en del af serien *Byernes Trafikarealer*, og i håndbogen *Fælles grundlag og planlægning for vej-kryds i åbent land* (Vejdirektoratet, februar 2021).

I *Krydsninger mellem stier og veje* står bl.a.: ”En krydsning placeres først og fremmest sådan, at flest mulige af de fodgængere og cyklister, der krydser vejen, vil benytte den, uden at den påfører dem væsentlig omvej. ... En krydsning placeres sådan, at de fysiske forhold muliggør de oversigtslængder, som er angivet i kapitel 5. ... Endelig placeres en krydsning ikke tæt ved lokaliteter, der komplicerer erkendelsen af krydsningen. Således placeres en krydsning ikke tæt ved et vej-kryds, dvs. inden for 30-40 m fra krydset. I en rundkørsel udføres krydsningen mellem lette trafikanter og biltrafik mest sikkert som en tilbagetrukket stikrydsning, hvor de lette trafikanter pålægges vigepligt. Tilbagetrækningen bør være så stor, at krydsningen ikke opfattes som en del af rundkørslen, se Håndbogen ”Vej-kryds”. I byer er det imidlertid ofte nødvendigt at etablere stikrydsninger ved rundkørselens til- og frafarter langs cirkulationsarealet, således at biltrafikken har vigepligt. For udformning generelt henvises til samme håndbog.”

I *Krydsninger mellem stier og veje* står desuden: ”Ved udformningen af en krydsning anbefales en vis arkitektonisk sammenhæng mellem gaderummets og omgivelsernes karakter og de forskellige elementer, der benyttes.

Ud fra ovennævnte hensyn til erkendelse, oversigt m.m. kan der desuden stilles nogle generelle anbefalinger til udformningen:

- Valget af krydsningstype sker på baggrund af det forventede omfang af både vej- og stitrafikken.
- Udformningen fastlægges i nøje overensstemmelse med vejens planlægnings-hastighed.
- Krydsningen mellem vej og sti gøres så vidt muligt vinkelret.

- Der lægges stor vægt på samspillet mellem de enkelte elementer, som en krydsning opbygges af.
- Der benyttes få og genkendelige elementer i opbygningen af krydsningspunktet.

Hvor en krydsning ønskes udformet sådan, at den virker hastighedsdæmpende på biltrafikken, kan der benyttes: Midterheller, bump, hævede flader, indsnævringer, forsætninger, ramper, trafikstyrede signalanlæg.

På veje med bustrafik bør fortrinsvist anvendes elementer, som sikrer god fremkommelighed og komfort for den kollektive bustrafik. Dvs. at løsninger med bump og hævede flader så vidt muligt bør fravælges til fordel for andre typer af tiltag.

Placering af vejudstyr, skilte og kørebaneafmærkning, indgår som en integreret del i den geometriske udformning af krydsningen. Følgende kontrolleres:

- Vejafmærkningen (kørebaneafmærkning, færdselstavler, vejvisningstavler og eventuelle signaler) kan ses og opfattes i rimelig god tid af de trafikanter, som den henvender sig til.
- Vejudstyret (vejafmærkning, rækværker, autoværn, lysmaster, læskærme, beplantning m.m.) forringer ikke oversigtsforholdene.
- Fritrumskravene jf. håndbogen ”Grundlag for udformning af trafikarealer” fælles for vejregelserne Byernes Trafikarealer og Udformning af veje og stier i åbent land, opfyldes.
- Vejudstyret placeres i overensstemmelse med nødzonen, oversigtszonen og sikkerhedszonen, jf. Håndbogen ”Tværprofiler i åbent land” i vejregelsens Udformning af veje og stier i åbent land.”

I *Krydsninger mellem stier og veje* står endvidere: ”En inddeling i krydsningstyper på grundlag af den fulde variation inden for samtlige af disse faktorer ville føre til et meget stort antal krydsningstyper. Af hensyn til overskueligheden begrænses inddelingen derfor til følgende hovedtyper, angivet i forhold til stiernes krydsning af vejen:

1. Stitunneler
2. Stibroer
3. Fritliggende signalregulerede krydsninger
4. Krydsninger med vigepligt for lette trafikanter
5. Krydsninger med vigepligt for motorkøretøjer
6. Stitilslutninger.”

Der er på side 13-46 i *Krydsninger mellem stier og veje* bl.a. angivet vejledende sammenhæng mellem ovenstående hovedtyper og planlægningshastighed, den overordnede udformning af og retningslinjer for hovedtyperne, udformning af de enkelte elementer i hovedtyperne samt oversigt i vej/stikrydsninger.

Det anslås i *Krydsninger mellem stier og veje*, at stitunneler og -broer er de mest trafiksikre alternativer, efterfulgt af fritliggende signalregulerede krydsninger, efterfulgt af krydsninger med vigepligt for lette trafikanter, mens krydsninger med vigepligt for motorkøretøjer anslås at være det farligste alternativ – alt andet lige. Derfor vejledes læsere af håndbogen til at etablere stadig sikrere alternativer, jo højere bilernes hastighed og jo mere biltrafik, der er på vejen. Stitilslutninger er lokaliteter, hvor en sti udmunder i og afsluttes ved en vej, hvorfor der ikke er tale om et ”helt vej-sti kryds”.

I håndbogen *Fælles grundlag og planlægning for vejkryds i åbent land* er der i afsnit 11.14.2 *Udformning* (af cykelsti eller -bane) anført: ”Cykelstier kan udføres ensrettede eller dobbeltrettede.

Ensrettede stier bør normalt foretrækkes, da dobbeltrettede stier i vejkryds, især i prioriterede vejkryds, kan give anledning til store sikkerhedsproblemer.

Dobbeltrettede stier kan imidlertid i visse tilfælde være den logiske konsekvens af de bestående forhold og af planlægningen i området, hvad angår arealanvendelse, placering af trafikmål og det samlede stisystems udformning.

I Håndbogen ”Vejkryds” i vejregelserien ”Byernes trafikarealer”, kapitel 4.6, findes en beskrivelse af udformningen af en ensrettet sti langs primærvejen i et prioriteret kryds samt af en dobbeltrettet sti i et kryds.

En ensrettet sti langs primærvejen i et prioriteret kryds:

- bør enten placeres tæt på kørebanen, fra mindst 70 m før krydset, og da har den svingende biltrafik vigepligt over for cykeltrafikken
- eller afkortes og ledes ind i et højresvingsspor, og også her har biltrafikken vigepligt
- eller gives en afbøjning, således at den slutter i sekundærvejen mindst 10-15 m fra krydset, og da har stitrafikken vigepligt over for biltrafikken.

En dobbeltrettet sti:

- vil ofte føre til en løsning, hvor cyklisterne pålægges vigepligt
- og bør i øvrigt give anledning til at overveje, om der i stedet bør anlægges signalregulering, fartdæmpning eller niveaufri skæring.

Hvor der er anlagt cykelstier på de tilstødende veje, bør stierne føres hen til stikrydsningerne i uændret bredde.

Hvor der ikke er stier på de tilstødende veje, bør stierne i krydset starte så tidligt og forløbe så direkte, at det er logisk og indbydende at bruge dem.

Forløbet hen imod stikrydsningen bør understrege vigepligtsforholdene. Hvis stien leder mod en krydsning, hvor bilisterne har vigepligt, bør den således ikke have bratte retningsændringer eller ukomfortable knæk. Hvis den derimod leder mod en krydsning, hvor cyklisterne har vigepligt, må der ikke være tvivl om, hvem der har vigepligten.”

I håndbogen *Fælles grundlag og planlægning for vejkryds i åbent land* er der i afsnit 11.15 *Tilbagetrukket cykelstikrydsning* anført: ”Ved denne krydsningstype pålægges cyklister vigepligt ved krydsning af en sekundær vejgren. I forvejen er fodgængere altid pålagt vigepligt, medmindre der er fodgængerfelt, eller medmindre vejgrenen er tilsluttet krydset med en overkørsel.

Tilbagetrækningen skal være så stor, at cyklisternes krydsning ikke opfattes som en naturlig del af krydset. Dermed omfattes den ikke af de normale vigepligtsforhold i krydset, hvor bilister til og fra den sekundære vejgren ellers er pålagt vigepligt for cyklister.

I sekundærhellen opnår cyklister og fodgængere et støttepunkt, så de kan krydse vejgrenen i 2 tempi. Derved kan de koncentrere sig om biltrafik fra én retning ad gangen. Støttepunktet er især vigtigt ved krydsningen af frafarten.

11.15.1 Anvendelse

Der kan gøres brug af tilbagetrukket cykelstikrydsning i et prioriteret eller forsat kryds eller i en rundkørsel ved nyanlæg og ombygninger. Mest oplagt er anvendelsen, hvor der i forvejen er cykelstier eller -baner uden for krydsområder; men den kan også finde sted, hvis det ikke er tilfældet. I så fald skal der dog så etableres cykelstier i krydsområdet.

Tilbagetrukket cykelstikrydsning bør ikke anvendes på vejgrene med meget stor eller lille biltrafikintensitet, især hvor der ofte opstår kødannelser i tilfarten forbi krydsningen. Hvis biltrafikintensiteten er meget stor, gøres brug af en stitunnel eller -bro. Desuden bør anvendelsen nøje overvejes, hvis rundkørslen passeres af børn på cykel.

Tilbagetrukket cykelstikrydsning kan udføres ensrettet eller dobbeltrettet. Især ved en dobbeltrettet cykelsti er den velegnet, fordi det for bilister ved cykelstikrydsninger, hvor bilister er pålagt vigepligt, ofte er svært at erkende, at der kommer cyklister fra den ”forkerte” side.

11.15.2 Udformning

Tilbagetrækningen er mindst 10-15 m og højst 40 m.

I cykelstiens tilfartsside indlægges en bremsekurve med et S-formet forløb umiddelbart inden krydsningen. Så nedsættes cyklisternes hastighed, og deres opmærksomhed skærpes.

I sekundærhellen skal der sikres tilstrækkelig bredde ved krydsningen på mindst 2,5 m inkl. kantbanerne.

Det bør sikres, at bilister til og fra sekundærvejen har stopsigt til krydsningen med cykeltrafikken.

11.15.3 Vigepligtsforhold

I en tilbagetrukket cykelstikrydsning i krydsområdet er cyklister (og fodgængere) altid pålagt vigepligt i forhold til biltrafikken lige som på fri vejstrækning.

11.15.4 Fordele

Tilbagetrukket stikrydsning:

- lægger sikkerheden i de krydsende cyklisters egne hænder, hvilket undersøgelser tyder på at give den højeste trafiksikkerhed; men om dette også gælder skolebørn og ældre fodgængere, er ikke specifikt undersøgt
- især velegnet ved dobbeltrettede stiers krydsning.

11.15.5 Ulemper

Tilbagetrukket cykelstikrydsning:

- skaber omvejskørsel for cyklister med fare for, at de bruger genveje via kørebanelanerne, hvor de i så fald kører uventet for bilisterne
- giver nedsat fremkommelighed for cyklister i forbindelse med deceleration, stop for passerende biltrafik og acceleration
- bevirker, at cyklister skal orientere sig mod de trafikstrømme, som de pålægges vigepligt for, hvilket især er vanskeligt ved krydsningen af en frafart i forhold til cirkulerende biltrafik
- kan medføre forøgede udgifter til snerydning og glatførebekæmpelse.”

I håndbogen *Fælles grundlag og planlægning for vejkryds i åbent land* står også en del om stitunnel eller -bro i afsnit 11.16. Her står bl.a., at stitunnel eller -bro primært anlægges ved veje i hastighedsklasse Høj, hvor hovedstiforbindelser skærer stærkt trafikerede veje, i forbindelse med skoler og andre institutioner eller hvor terrænforholdene i øvrigt taler for det. Stitunnel eller -bro udføres normalt dobbeltrettet.

I håndbogen *Fælles grundlag og planlægning for vejkryds i åbent land* står i afsnit 12.2.4 *Signalregulering*, at: ”Signalregulering af konflikter mellem bil- og cykeltrafikstrømme kan være en løsning, hvor vigepligt ikke kan anvendes, f.eks. fordi:

- biltrafikintensiteterne vil give cyklisterne lange ventetider
- antallet af konfliktpunkter gør det sikkerhedsmæssigt uforsvarligt at pålægge cyklisterne vigepligt
- biltrafikkens hastighedsniveau i et antal konfliktpunkter gør det sikkerhedsmæssigt uforsvarligt at pålægge cyklisterne vigepligt

- biltrafikkens hastighedsniveau, krydsets kompleksitet og oversigtsforhold gør det tvivlsomt, om biltrafikken vil kunne overholde en vigepligt

Hvis signalregulering af en enkelt konflikt mellem bil- og cykeltrafikstrømme er nødvendig, bør hele krydset signalreguleres af hensyn til sikkerheden. Bemærk endvidere, at ovenstående kriterier også kan anvendes til at vurdere, om en sekundær konflikt i et signalreguleret kryds bør signalreguleres separat.”

I håndbogen *Fælles grundlag og planlægning for vejkryds i åbent land* står i afsnit 12.3.4 *Kryds mellem stier og veje*, at: ”Hvor cykelruter krydser veje, bør der som ved cyklisteres krydsning af primærvejen i et prioriteret kryds etableres en kantstensbegrænset helle, hvor bredden er mindst 2,5 m inkl. kantbanerne, når spidstimetrafikken på vejen er større end 500 pe/h.

Hvis cyklisternes fremkommelighed og komfort prioriteres højt, kan det undtagelsesvist overvejes at lade vigepligten afvige fra det normale og pålægge bilisterne vigepligt. Denne løsning kan anvendes, når det er en vej, hvor tilgængeligheden prioriteres så højt, at dens tilladte hastighed er – eller kan sænkes til – maksimalt 30 km/h.”

I håndbogen *Fælles grundlag og planlægning for vejkryds i åbent land* står i afsnit 12.3.5 *Dobbeltrettede stier*, at: ”Cykelstier i begge vejsider betragtes normalt som den sikreste løsning for cyklister og knallertkørere. Dobbeltrettet cykelsti kan dog i visse tilfælde være en trafiksikkerhedsmæssig fordel. Det gælder, når stien gør det muligt for stitrafikanterne at undgå at færdes på tværs af vejen og, hvor der ikke er krydsende veje.

Dobbeltrettede cykelstier giver særlige problemer i vejkryds, fordi det kan være uventet for vigepligtige bilister, at der forekommer cyklister i modsat retning af den normale. Højresvingende bilister har også svært ved at få øje på bagfra kommende cyklister i samme retning, fordi de kører for langt fra køresporet.

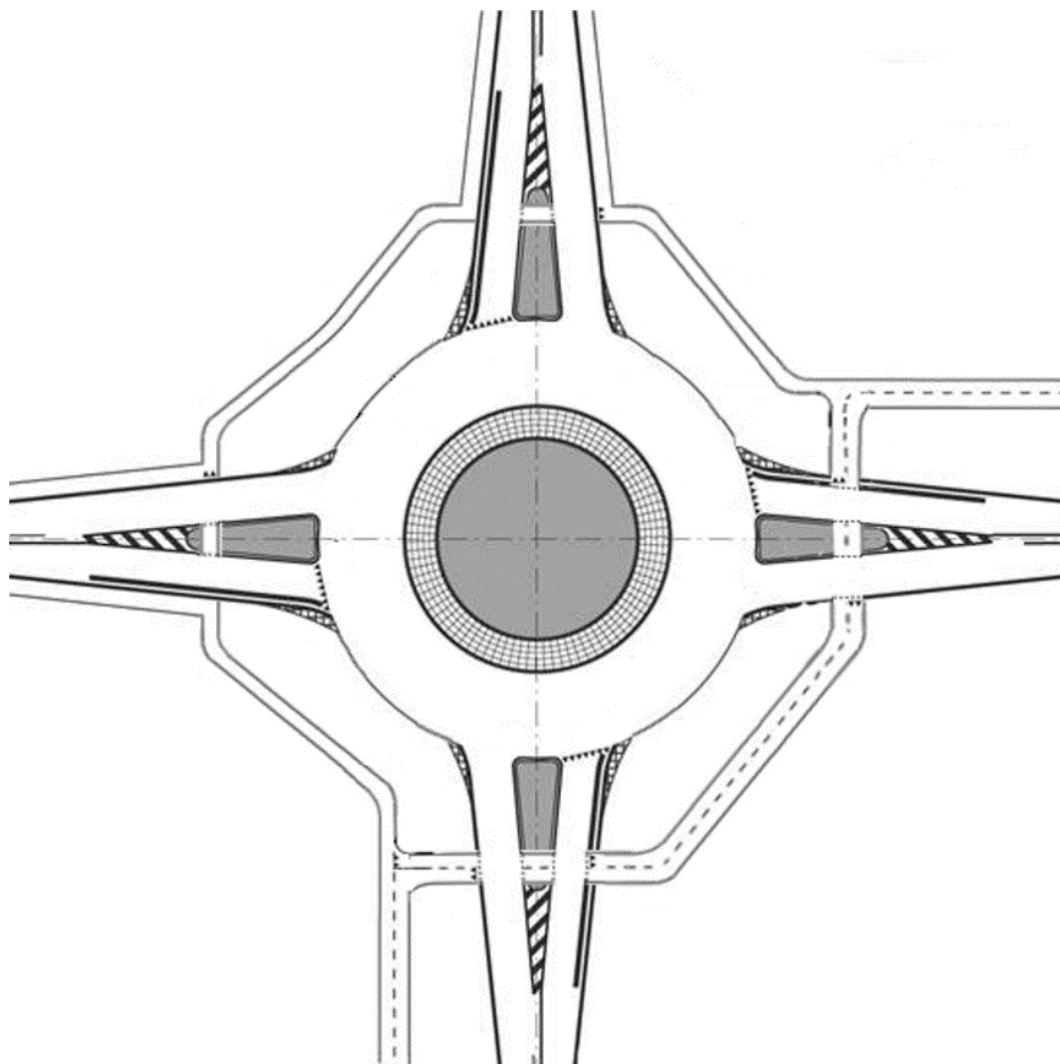
De signaltekniske regler for dobbeltrettede stiers passage af signalregulerede vejkryds fremgår af håndbogen ”Vejsignaler”, afsnit 7.6.1.

Hvor en dobbeltrettet sti krydser en stærkt trafikeret vej uden for vejkryds, bør cykeltrafikkens hastighed dæmpes og cyklisternes opmærksomhed skærpes. Ud over afmærkning kan det ske ved et eller flere af følgende virkemidler:

- anlæg af bremsekurve
- forsætning med bomme eller beplantning
- etablering af en kraftig stigning
- bump
- kantstensbegrænsning i krydsningen.

Hvad angår udformningen af sådanne cykelfartdæmpere, henvises til håndbogen ”Fartdæmpere” i vejregelserien ”Byernes trafikarealer”.

Rundkørsler er gode til at håndtere de problemer, som dobbeltrettede stier medfører i vejkryds. Det sikreste er at føre den dobbeltrettede sti videre ad enten en enkelt- eller dobbeltrettet cykelsti trukket bort fra rundkørselens periferi og med vigepligt pålagt cyklister ved vejgrenene, se figur 12.14.



Figur 12.14 Eksempel på dobbeltrettet cykelstis passage af en rundkørsel, principskitse.”

Om dobbeltrettede cykelstier i signalregulerede vejkryds:

Der er allerede nævnt en hel del om dobbeltrettede cykelstier i signalregulerede vejkryds dels i *Cirkulære om etablering af dobbeltrettede cykelstier langs vej* dels i vejregelhåndbøger omtalt under *Om stier i egen tracé og vej-sti kryds*.

Derudover er det meget begrænset, hvad der yderligere står i vejregelhåndbøger om dobbeltrettede cykelstier i signalregulerede vejkryds. Det er faktisk kogt ned til følgende i håndbogen *Vejkryds i byer*, hvor der i afsnit 4.5.3 *Dobbeltrettede stier* står, at: ”Dobbeltrettede cykelstier langs veje i byer bør af hensyn til trafik-sikkerheden kun anlægges i ganske særlige tilfælde, se i øvrigt håndbogen ”Tvær-profiler i byer” og gennem vejkryds bør dobbeltrettede stier generelt udføres som krydsning i to plan.

Hvor en dobbeltrettet cykelsti alligevel krydser en trafikvej i et vejkryds i niveau, bør krydsningen udføres:

- ved signalregulering af krydsningen
- i en rundkørsel
- i et T-kryds.

I signalregulerede kryds bør dobbeltrettede stier afvikles i egen fase, således at der ikke er vigepligtsregulerede konflikter med højre- eller venstresvingende køretøjer.

Det er desuden vigtigt, at en dobbeltrettet cykelsti altid føres helt frem til krydset. Det vil normalt være en sikkerhedsmæssig fordel for cyklisterne, hvis der etableres højresvingsbane i tilfarten langs den dobbeltrettede sti.”

Til den sidst refererede sætning skal nævnes, at højresvingsbanen faktisk er et lovkrav, hvis der er tale om et firevejskryds.

4. Syntese af tidligere studier mv.

Der er udført en del studier om trafikssikkerhed i kryds med dobbeltrettede cykelstier. De fleste studier omhandler vigepligtsregulerede vejkryds og rundkørsler, hvor en dobbeltrettet cykelsti løber langs en vej. Kun få studier omhandler vej-sti kryds og signalregulerede vejkryds.

Ensrettet eller dobbeltrettet

I vejkryds og rundkørsler er det uden tvivl mest sikkert at udforme cyklisteres færdselsareal som ensrettet frem for dobbeltrettet (se fx Hauksson, 2014; Schepers et al., 2011; Buch, 2011; Schepers og Voorham, 2010; Wachtel og Lewiston, 1994; Gårder et al., 1994).

Krydsningstype

I hovedtræk kan det siges, at hvor en dobbeltrettet cykelsti, fællessti eller delt sti krydser en vej, så er den mest sikre løsning for cyklisterne angivet øverst i listen herunder og den farligste løsning nederst:

- 1) Niveaufri skæring (stitunnel eller stibro)
- 2) Signalreguleret krydsning
- 3) Krydsning med vigepligt for stitrafikanter (fx cyklist på dobbeltrettet sti)
- 4) Krydsning med vigepligt for vejtrafikanter (fx motorkøretøj på vej)

Buch og Jensen (2013) viser, at ved vigepligtsregulerede vejkryds og rundkørsler er en krydsning med vigepligt for stitrafikanter gennemsnitligt ca. 4-5 gange mere sikkert for cyklister end en krydsning med vigepligt for vejtrafikanter.

Buch og Jensen (2013) viser, at ved vigepligtsregulerede vejkryds og rundkørsler er en niveaufri skæring gennemsnitligt ca. 2-3 gange mere sikkert for cyklister end en krydsning med vigepligt for vejtrafikanter. En niveaufri skæring er i gennemsnit ca. 70 % farligere for cyklister end en krydsning med vigepligt for stitrafikanter, men det skyldes, at nogle cyklister fravælger at benytte stitunnelen eller stibroen og forulykker på vejen. Hvis den niveaufri skæring er den nemmeste, hurtigste og mest attraktive måde at krydse vejen, så vil det også være den mest sikre.

Jensen (2008) viser, at signalregulering af vej-sti kryds (før signalreguleringen var der krydsning med vigepligt for stitrafikanter) medførte en forbedring af cyklisteres sikkerhed med 30-50 %, når der var mere end ca. 10.000 biler/døgn på vejen. Den gunstige virkning findes ikke blot i vej-sti krydset, men også på strækninger og i kryds nær vej-sti krydset. Denne virkning er meget lig den sikkerhedsmæssige effekt af at signalregulere et vejkryds (se fx Høye, 2015; Jensen, 2010).

Schneider et al. (2021) angiver dog, at det er tvivlsomt, om det er sikrest for en cyklist at krydse i et signalreguleret vejkryds eller i et prioriteret vejkryds i USA. Schneider et al. (2021) angiver også, at det er tvivlsomt, om det er sikrest at krydse en vej i et vej-sti kryds eller i et vejkryds, hvis forholdene i øvrigt er ens.

I vigepligtsregulerede vejkryds og rundkørsler, hvor den dobbeltrettede cykelsti krydser sidevej / vejgren, har cyklister, der cykler mod færdselsretningen i det nærliggende kørespor, en 2-5 gange højere risiko end cyklister, der cykler med færdselsretningen (se fx Phillips et al., 2011; Buch, 2011; Schepers og Voorham, 2010; Summala et al., 1996; Wachtel og Lewiston, 1994). Forklaringen herpå er mange ulykker med højresvingende motorkøretøjer fra sidevej (ind på primærvej) eller vejgren (ind i rundkørsel), der påkører cyklister, der cykler på stien mod færdselsretningen. Denne type af ulykke forekommer sjældent eller slet ikke, når der er niveaufri skæring, signalreguleret krydsning, krydsning med vigepligt for stitrafikanter eller vej-sti kryds. Og det er i høj grad denne type ulykke, som er forklaringen på, at krydsninger med vigepligt for vejtrafikanter er farligere for cyklister end andre krydsningstyper.

Designforhold

Der er ikke fundet undersøgelser, der beskriver, hvordan udformningen af en **sti-tunnel eller -bro** påvirker cyklisters sikkerhed. Det er således ikke umiddelbart muligt at angive, hvordan fx stitunnelens eller -broens bredde, belysning, belægning, tilkørselsstiers udformning mv. påvirker sikkerheden. Der findes studier af, hvordan hegn og rækværk påvirker fodgængeres sikkerhed (hegn og rækværk opsat ved veje nær stitunneler og -broer for at forhindre fodgængere i at krydse veje udenfor tunnel eller bro), men ikke hvordan dette påvirker cyklisters sikkerhed.

Der er ikke fundet undersøgelser, der beskriver, hvordan indretningen eller udformningen af **signalregulerede vejkryds eller signalregulerede vej-sti kryds** med dobbeltrettede cykelstier påvirker cyklisters sikkerhed. Det er muligt, at separatregulering af cykeltrafik på dobbeltrettede cykelstier i signalregulerede vejkryds medfører en større gunstig virkning på cyklisters sikkerhed, da andre former for separatregulering fx bundet venstresving har vist sig at give særdeles gode sikkerhedseffekter (se fx Buch, 2019). Men et studie af Rupi og Krizek (2019) viser, at cyklistsignaler er mindre synlige end andre signaler i lyskryds, hvilket kan give anledning til en mindre gunstig virkning af separatregulering. En undersøgelse fra vigepligtsregulerede vejkryds indikerer, at det er sikrest at placere den dobbeltrettede cykelsti så tæt på den parallelle vej som muligt, når bilister skal vige for cyklister (Buch og Jensen, 2013) – men om det også gælder i signalregulerede vejkryds er uvist. Det er uvist, hvilken sikkerhedsmæssige virkning fx afmærkning af cykelfelter, farvning af cykelarealer, etablering af heller osv. har i relation til dobbeltrettede cykelstier ved signalregulerede krydsninger.

Undersøgelser om **vigepligtsregulerede vej-sti kryds** er også stærkt begrænsede. Schneider et al. (2021) finder, at når krydsningslængden i vej-sti kryds (eksklusiv helleanlæg) øges med 1 m, så stiger ulykkestallet med ca. 4 %. Det er altså vigtigt,

at vejen er ”smal” ved vej-sti krydset. Schneider et al. (2021) finder også, at jo bedre oversigtsforholdene er (jo længere sigtlængder), desto lavere er ulykkesfrekvensen for cyklister. Jestico et al. (2017) finder det omvendte resultat, nemlig jo bedre oversigtsforhold, desto dårligere er cyklisters sikkerhed, men den undersøgelse er tvivlsom. Endelig finder Schneider et al. (2021), at afmærkning og heller ikke har en statistisk signifikant betydning for sikkerheden i vej-sti kryds, hvilket vil sige, at betydningen af afmærkning og heller er ret begrænset. Der er ikke fundet studier, der kan dokumentere, hvordan vigepligtsforholdene i vej-sti kryds påvirker trafikikkerheden. Der er heller ikke fundet studier, der kan dokumentere om fx bomme, belysning mv. påvirker trafikikkerheden.

Der er udført langt flere og større undersøgelser af **vigepligtsregulerede vejkryds og rundkørsler** med dobbeltrettede cykelstier. Her findes en række interessante resultater om den sikkerhedsmæssige betydning af krydsningers udformning:

- Når stitrafikanter er pålagt vigepligten, så er det sikrest, at stikrydsningen er placeret ca. 6-12 m fra primærvejen / cirkulationsarealet (Summala et al., 1996; Buch og Jensen, 2013). Når vejtrafikanter er pålagt vigepligten, så er det sikrest, at stikrydsningen er placeret ca. 0-3 m fra primærvejen / cirkulationsarealet (Buch og Jensen, 2013).
- Hævet stikrydsning, fx i form af bump, overkørsel eller hævet dobbeltrettet cykelsti, medfører en reduktion i cyklisters risiko på omkring 20-50 % (Leden et al., 2000; Schepers et al., 2011; Summala et al., 1996).
- Farvet asfalt eller farvet cykelfelt på stikrydsning forværrer cyklisters sikkerhed med ca. 50-70 % (Buch og Jensen, 2013; Schepers et al., 2011).
- Yderligere afmærkning af vigepligt, fx afmærkning på belægning eller tavler med angivelse af ubetinget vigepligt eller tavler med angivelse af krydsende cyklister, ser ud til at forværre cyklisters sikkerhed med ca. 75-185 % (Buch og Jensen, 2013; Schepers et al., 2011). Omvendt peger Summala et al. (1996) i retning af, at opsætning af stoptavler kan forbedre sikkerheden.
- Buch og Jensen (2013) finder, at kanalisering af sidevej eller primærvej i form af heller øger cyklisters risiko med ca. 100 %. Omvendt finder Schepers et al. (2011), at venstresvingsbane på primærvej ikke har væsentlig betydning for cyklisters sikkerhed i stikrydsningen.
- Etablering af midtlinje på stien gennem krydsningen øger ulykkestallet med ca. 100-200 % (Buch og Jensen, 2013). §113 stk. 5 i *Bekendtgørelse om anvendelse af vejafmærkning* angiver, at midtlinjen skal fortsættes over sideveje og udkørsler, så her kan det være relevant at revidere bekendtgørelsen.

Referencer

- Brüde, U. og J. Larsson (1993): *Models for predicting accidents at junctions where pedestrians and cyclists are involved. How well do they fit?* Accident Analysis and Prevention, vol. 25, no. 5, pp. 499-509, [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(93\)90001-d](https://doi.org/10.1016/0001-4575(93)90001-d).
- Buch, T. B. (2011): *Trafikantadfærd i kryds med dobbeltrettede cykelstier*. Trafikdage på Aalborg Universitet 2011, <https://www.trafikdage.dk/artikelarkiv>.
- Buch, T. S. og S. U. Jensen (2013): *Trafiksikkerhed i kryds med dobbeltrettede cykelstier*. Trafitec, Lyngby, Danmark.
- Buch, T. S. (2014): *Dobbeltrettede cykelstier i kryds*. Trafik & Veje, juni/juli 2014, pp. 52-54.
- Buch, T. S. (2019): *Sikkerhedseffekt af bundet venstresving*. Trafitec, Søborg, Danmark.
- Ghasemi, N., Acerra, E. M., Lantieri, C., Simone, A., Rupi, F. og V. Vignali (2022): *Urban Mid-Block Bicycle Crossings: The Effects of Red Colored pavement and Portal Overhead Bicycle Crossing Sign*. Coatings, 2022, vol. 12, issue 2, 150, <https://doi.org/10.3390/coatings12020150>.
- Gårder, P., Leden, L. og U. Pulkkinen (1998): *Measuring the Safety Effect of Raised Bicycle Crossings Using a New Research Methodology*. Transportation Research Record, no. 1636, pp. 64-70, <https://doi.org/10.3141/1636-10>.
- Gårder, P., Leden, L. og T. Thedéen (1994): *Safety implications of bicycle paths at signalized intersections*. Accident Analysis and Prevention, vol. 26, no. 4, pp. 429-439, [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(94\)90034-5](https://doi.org/10.1016/0001-4575(94)90034-5).
- Hauksson, R. G. (2014): *Bicycle Safety in Gothenburg*. Master thesis, Department of civil and environmental engineering, Road and traffic research group, Chalmers university of technology, Göteborg, Sverige.
- Høye, A. (2015): *Trafikksikkerhetshåndboken – 3.9 Signalregulering i kryss*. TØI (Transportøkonomisk institutt) onlinepublikation på www.tsh.toi.no, Oslo, Norge.
- Jacobsen, P. L. (2003): *Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling*. Injury Prevention, vol. 9, pp. 205-209, <https://doi.org/10.1136/ip.9.3.205>.

- Jensen, S. U. (2008): *Signalreguleret fodgængerovergang – ny viden om sikkerhedsmæssig effekt*. Dansk Vejtidsskrift, juni/juli, side 44-45, 2008.
- Jensen, S. U. (2010): *Safety effects of intersection signalization: A before-after study*. TRB 89th Annual Meeting Compendium of Papers, paper no. 10-1481, Washington DC, USA.
- Jestico, B., Nelson, T. A., Potter, J. og M. Winters (2017): *Multiuse trail intersection safety analysis: A crowdsourced data perspective*. Accident Analysis and Prevention, vol. 103, pp. 65-71, <https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.03.024>.
- Leden, L., Gårder, P. og U. Pulkkinen (2000): *An expert judgment model applied to estimating the safety effect of a bicycle facility*. Accident Analysis and Prevention, vol. 32, pp. 589-599, [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(99\)00090-1](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(99)00090-1).
- Lusk, A., Furth, P., Morency, P., Miranda-Moreno, L. F., Willett, W. C. og J. T. Dennerlein (2011): *Risk of injury for bicycling on cycle tracks versus in the street*. Injury Prevention, vol. 17, pp. 131-135, <https://doi.org/10.1136/ip.2010.028696>.
- Noyce, D. A., Li, Z., Ash, J. og G. Khan (2013): *Best Practices Synthesis and Guidance in At-Grade Trail-Crossing Treatments*. Report MN/RC 2013-23, Wisconsin Traffic Operations and Safety Laboratory, Madison, Minnesota, USA.
- Phillips, R. O., Bjørnskau, T., Hagman, R. og F. Sagberg (2011): *Reduction in car-bicycle conflict at a road-cycle path intersection: Evidence of road user adaptation?* Transportation Research Part F, vol. 14, pp. 87-95, <https://doi.org/10.1016/j.trf.2010.11.003>.
- Räsänen, M. og H. Summala (1998): *Attention and expectation problems in bicycle-car collisions: An in-depth study*. Accident Analysis and Prevention, vol. 30, no. 5, pp. 657-666, [https://doi.org/10.1016/s0001-4575\(98\)00007-4](https://doi.org/10.1016/s0001-4575(98)00007-4).
- Räsänen, M. og H. Summala (2000): *Car Drivers' Adjustments to Cyclists at Roundabouts*. Transportation Human Factors, vol. 2, issue 1, pp. 1-17, https://doi.org/10.1207/STHF0201_1.
- Rupi, F. og K. J. Krizek (2019): *Visual Eye Gaze While Cycling: Analyzing Eye Tracking at Signalized Intersections in Urban Conditions*. Sustainability, 2019, vol. 11, issue 6, 089, <https://doi.org/10.3390/su11216089>.
- Schepers, J. P. og J. Voorham (2010): *Oversteekongevallen met fietsers – Het effect van infrastructuurkenmerken op voorrangskruispunten*. Rijkswaterstaat, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Holland.
- Schepers, J. P., Kroeze, P. A., Sweers, W. og J. C. Wüst (2011): *Road factors and bicycle-motor vehicle crashes at unsignalized priority intersections*. Accident

Analysis and Prevention, vol. 43, pp. 853-861,
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2010.11.005>.

Schneider, R. J., Schmitz, A., Lindsey, G. og X. Qin (2021): *Exposure-Based Models of Trail User Crashes at Roadway Crossings*. Transportation Research Record, vol. 2675, issue 8, pp. 1-13, <https://doi.org/10.1177/0361198121998692>.

Summala, H., Pasanen, E., Räsänen, M. og J. Sievänen (1996): *Bicycle accidents and drivers' visual search at left and right turns*. Accident Analysis and Prevention, vol. 28, no. 2, pp. 147-153, [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(95\)00041-0](https://doi.org/10.1016/0001-4575(95)00041-0).

Svensson, Å. og J. Pauna (2010): *Trafiksäkerhet och väjningsbeteende i cykel-motorfordon interaktioner*. Bulletin 257, Lund University, Traffic and Roads, Lund, Sverige.

Sørensen, R. H. og K. Hougaard (2020): *Cyklisters adfærd på dobbeltrettede cykelstier beliggende op til signalkryds*. Trafik & Veje, maj 2020, pp. 58-60.

Wachtel, A. og D. Lewiston (1994): *Risk Factors for Bicycle-Motor Vehicle Collisions at Intersections*. ITE Journal, vol. 64, issue 9, pp. 30-35,
[https://doi.org/10.1016/0022-4375\(96\)82241-9](https://doi.org/10.1016/0022-4375(96)82241-9).