

Denne artikel er udgivet i det elektroniske tidsskrift
Artikler fra Trafikdage på Aalborg Universitet
(Proceedings from the Annual Transport Conference
at Aalborg University)
ISSN 1603-9696
<https://journals.aau.dk/index.php/td>

Evaluering af trafiksikkerhed ved hævede krydsflader

Morten L. Jensen, jmoli@aarhus.dk
Civilingeniør, Aarhus Kommune

Michael W. J. Sørensen, mis@viatrafik.dk
Civilingeniør, ph.d., markedschef, Via Trafik Rådgivning A/S

Tanja K. O. Madsen, tkom@build.aau.dk
Civilingeniør, ph.d., adjunkt, Aalborg Universitet

Abstrakt

Projektet omhandler trafiksikkerhed ved hævede krydsflader i vigepligtskryds har haft til formål at undersøge den sikkerhedsmæssige effekt af at etablere hævede krydsflader i vigepligtsregulerede kryds i byzone. Dvs. at undersøgelsen er ende ud med et estimat for størrelsen på den isolerede sikkerhedseffekt af at etablere en hævet krydsflade i et enkelt prioriteret vejkryds i byzone. Projektet er lavet som et samarbejde mellem Via Trafik og Trafikforskningsgruppen ved BUILD på Aalborg Universitet (AAU BUILD).

Metode og data: Undersøgelsen er lavet som en før-efter ulykkesevaluering med kontrol for generel ulykkesudvikling og regressionseffekt. Der indgår i alt 189 bykryds, hvor der enten er etableret eller fjernet hævede krydsflader i de seneste 20 år. Undersøgelsen er baseret på politiregistrerede ulykker fra årene 2000 til 2019, og omfatter 184 kryds, hvor der er etableret hævede krydsflader, og fem kryds, hvor der er fjernet hævede krydsflader. Krydsene fordeler sig på 51 af landets 98 kommuner. Sikkerhedseffekterne ved hhv. at etablere eller fjerne hævede krydsflader er fundet ved at undersøge forskellen i politiregistrerede ulykker før og efter ombygning.

Sikkerhedsmæssig effekt: På baggrund af undersøgelsen estimeres sikkerhedseffekten af at etablere en hævet krydsflade i et vigepligtskryds i byzone at være som angivet i tabellen.

Table 1. Estimeret effekt (%) af at etablere en hævet krydsflade i vigepligtskryds i byzone. *Effekten er statistisk signifikant.

Hævet krydsflade i vigepligtskryds i byzone Effekt (%)	Alle ulykkesituationer		
	Alle kryds	T-kryds	F-kryds
Personskadeulykker	-20	-15	-20
Materielskadeulykker	-25	-15	-30
Person- og materielskadeulykker	-25*	-20	-30
Alle ulykker (inkl. ekstraheld)	-25	-10	-30*

Undersøgelsen viser, at en hævet krydsflade forebygger i størrelsesordenen 25 % af alle ulykker indenfor 50 meters afstand til krydset. Det er desuden vurderingen, at tiltaget har større effekt i F-kryds end i T-kryds, som angivet i tabellen. Tiltaget vurderes ikke at have samme effekt på personskadeulykker som på de mindre alvorlige materielskadeulykker.

Fra undersøgelsen kan der i øvrigt fremhæves følgende:

- Hævede krydsflader ser ud til at være et godt tiltag i kryds, der ligger umiddelbart før, efter eller i en horisontal kurve, og i kryds med dårlig oversigt i øvrigt.
- Korte krydsflader ser ud til at have den bedste effekt, og effekten aftager, jo længere krydsfladen bliver. Samtidig ser det ud til, at krydsfladens længde på hver side af sidevejstilslutningerne (i denne rapport kaldet "vingerne") skal være mellem 7,5 og 10,0 meter for at opnå den bedste sikkerhedseffekt. Både kortere og længere "vinger" ser ud til at have en mindre, men dog stadig positiv sikkerhedseffekt.
- Hævede krydsflader ser ud til at være et effektivt tiltag mod eneulykker i og omkring vigepligtskryds, og særligt i F-kryds er der en god sikkerhedseffekt. Også på venstresvingsulykker (både venstresving fra primærvejen og vigepligtsforseelser ved venstresving fra sideveje) er der god sikkerhedseffekt.
- Hævede krydsflader ser ud til at have positiv effekt på ulykker med lette trafikanter, især på ulykker med cyklister og knallertkørere.

Reversibel sikkerhedseffekt: Som nævnt omfatter undersøgelsen fem lokaliteter, hvor der er blevet fjernet hævede krydsflader. Det har givet mulighed for at undersøge, om tiltagets positive effekt kan påvises at være tilsvarende negativ ved at fjerne en hævet krydsflade.

Der er ikke fundet statistisk sikre estimater for effekten af at fjerne en hævet krydsflade, men resultaterne tyder på, at sikkerhedseffekten er reversibel.

Baggrundsrapport tilgængelig online: Denne artikel er en forkortet version af den samlede rapport for undersøgelsen, der har titlen *Trafiksikkerhed ved hævede krydsflader i vigepligtskryds – En før-efter ulykkesevaluering* (Jensen m.fl., 2021), som er tilgængelig på Via Trafiks hjemmeside.

Indledning

Baggrund

De seneste 10-20-30 år er der foretaget et utal af skolevejsanalyser på danske skoler rundt om i landet. Formålet med analyserne er bl.a. at identificere trafikfarlige og utrygge steder omkring skolerne og komme med forslag til tiltag, der kan forbedre forholdene. Målet er samlet set at gøre skolevejen mere sikker og tryk for dermed at få flere til at gå og cykle til skole samtidig med, at der ikke sker ulykker.

Der er mange tiltag, som kan forventes at kunne medvirke til at opfylde denne målsætning. Et tiltag, som ofte benyttes, er hævede krydsflader i prioriterede vigepligtskryds, hvor hele krydsområdet er hævet som et bump. Tanken er, at dette giver et lavere hastighedsniveau i selve krydset, hvilket både kan have positiv effekt ift. den oplevede trykthed og den faktiske ulykkesrisiko for skolebørn og andre trafikanter.

Anvendelse og udformning af hævede krydsflader er detaljeret beskrevet i vejregelhåndbogen 'Fartdæmpere' (Vejdirektoratet, 2013). Hævede krydsflader kan benyttes ved en planlægningshastighed (ønsket hastighed) på op til 50 km/t, og de udformes normalt som trapezbump, men ramperne kan også anlægges som halve sinus- eller cirkelbump. I håndbogen er en hævet flade defineret ved at have en længde på mindst 10 meter i vejens retning. Ramperne har et opspring på normalt 10 cm, og markeres med

skaktern på alle vejgrene. I nogle tilfælde benyttes rød belægning på den hævede flade for at øge opmærksomheden yderligere. Endelig ses hævede krydsflader ofte kombineret med en hastighedszone omkring krydset med en anbefalet hastighed på 30 eller 40 km/t, som skal medvirke til at forstærke ønsket om lavere hastighed i selve krydset. I dette tilfælde tilpasses rampelængderne til den anbefalede hastighed i krydset.

Figur 1 viser et eksempel på et vigepligtsreguleret kryds i byzone før og efter, at der er blevet etableret en hævet flade i krydset. Den hævede flade er i dette tilfælde udført i rød belægning.



Figur 1. Eksempel på etablering af en hævet krydsflade i et vigepligtsreguleret kryds. Foto: Kortforsyningen.

En hævet krydsflade kan fx bruges i et enkelt kryds nær en skole, hvor der færdes mange skolebørn og derfor er ønske om lavere hastighed. Men tiltaget kan også benyttes som et massetiltag i flere kryds på en strækning, hvor der fx er et generelt ønske om et lavere hastighedsniveau.

En gennemgang af danske og udenlandske studier viser overraskende, at der findes meget lidt viden om den sikkerhedsmæssige effekt af hævede krydsflader. Der findes flere studier, der har undersøgt effekten af hastighedsdæmpende foranstaltninger (dvs. vejbump, hævede flader, chikaner, forsætninger mv.) på strækninger i byer, men meget få har set isoleret på effekten af tiltaget i et enkelt kryds. Det er problematisk, at effekten af et så hyppigt brugt tiltag er tilnærmelsesvis ukendt. Det betyder, at der måske bruges et tiltag med begrænset effekt, og/eller at der findes andre tiltag, der er mere effektive og lønsomme.

Formål

Formålet med projektet har været at undersøge den sikkerhedsmæssige effekt af at etablere en hævet krydsflade i et vigepligtsreguleret kryds, dvs. at komme med et estimat af størrelsen på den isolerede sikkerhedseffekt af at etablere en hævet krydsflade i et enkelt prioriteret vejkryds i byzone. Denne viden er fundamental i arbejdet med at forbedre sikkerheden for skolebørn og andre trafikanter, og ikke mindst at få mest trafikikkerhed for de ofte begrænsede kommunale budgetter til forbedring af skolevejene. Samtidig skal projektet undersøge, om der kan påvises at være en reversibel effekt ved at fjerne en hævet krydsflade i vigepligtsregulerede kryds, og evt. størrelsen på den reversible sikkerhedseffekt.

Overordnet metode

Undersøgelsen er lavet som en før-efter ulykkesevaluering med korrektion for generel ulykkesudvikling via kontrolgruppe samt eventuel regressionseffekt. Der indgår i alt 189 kryds i analysen, som fordeler sig på:

- 184 kryds, hvor der er etableret en hævet krydsflade
- 5 kryds, hvor der er fjernet en eksisterende hævet krydsflade.

Undersøgelsen omfatter krydsombygninger, der er gennemført i løbet af perioden 2002-2017, og som er baseret på politiregistrerede ulykker for årene 2000-2019. Ulykkesperioderne, der er sammenlignet før-efter ombygning, er af 2-5 års varighed.

Fokus og afgrænsning

Trafiksikkerhed: Undersøgelsen behandler ikke hævede krydsfladers betydning for fremkommelighed og trafikafvikling, og tryghedsfølelse behandles kun i det omfang, at det har været relevant for sikkerhedsvurderingen. Det er således trafiksikkerhed, der er projektets hovedfokus.

”Rene” løsninger: Hovedformålet med undersøgelsen har bl.a. været at undersøge såkaldte ”rene” løsninger, hvor den eneste ændring før-efter er etablering af en hævet krydsflade. Gennemgangen af mulige analysekryds har dog vist, at krydsene sjældent er helt ”rene”, og det har derfor været nødvendigt at gå lidt på kompromis med dette kriterium for at kunne få tilstrækkelig med analysekryds. Det kan være, at der er fjernet en overkørsel, etableret et nyt fodgængerfelt, ændret fra stoppligt til vigepligt på sidevejene el.lign.

Krydsulykker: Projektets fokus har været at undersøge den sikkerhedsmæssige effekt af hævede krydsflader. Der afgrænses således til at se på ulykker, der er sket inden for en afstand af 50 meter til vigepligtskrydset, hvor der er etableret en hævet krydsflade. Der ses udelukkende på effekten af hævede flader i vejkryds, dvs. at den sikkerhedsmæssige effekt af hævede krydsninger mellem veje og stier eller hævede fodgængerfelter ikke er undersøgt.

Krydsudformning: Der er ikke foretaget besigtigelse af analysekrydsene eller indhentet tegninger af krydsene. Krydsudformningen er derimod indhentet fra eksisterende og historisk billedmateriale tilgængelig via satellitbilleder og vej billeder (street view) fra Google Maps samt fra ortofoto fra Danmarks Miljøportal eller Vejman.dk. Der er udelukkende undersøgt kryds i byområder med en hastighedsgrænse på op til 50 km/t. Kryds på veje i det åbne land er således ikke inkluderet.

Ulykkesdata: Sikkerhedsvurderingen baseres udelukkende på data om politiregistrerede personskadeulykker, materielskadeulykker og ekstrauheld, som er hentet via Vejman.dk. Ulykkesdata fra akutmodtagelse (populært kaldet skadestuedata) er ikke anvendt i sikkerhedsvurderingen, da de ikke findes for alle byer og ikke altid er tilstrækkeligt stedfæstede. Der er heller ikke foretaget indhentning af selvrapporterede ulykker eller konfliktstudier i analysekrydsene.

Trafikdata: Der er ikke lavet egne trafiktællinger i dette projekt. Trafiktal for biltrafikken på de skærende veje i analysekrydsene er således baseret på eksisterende kryds- eller snittællinger, der er tilgængelige i Vejdirektoratets trafikdatasystem MASTRA eller i Via Trafiks egen trafiktællingsdatabase. Via Trafik har i forbindelse med forskellige konkrete projekter foretaget utallige trafiktællinger, der kan anvendes i denne undersøgelse. For de steder, hvor der ikke findes eksisterende tællinger, er der foretaget en faglig vurdering af trafikens størrelse.

Hastighedsdata: Der er ikke indhentet data for hastighedsmålinger før-efter etablering af hævede krydsflader, da fokus har været på den sikkerhedsmæssige effekt på ulykker, og dermed ikke krydsfladernes effekt på hastighed. Resultater for hævede krydsfladers effekt på hastighed er således kun undersøgt og gengivet i forbindelse med litteraturgennemgangen.

Eksisterende viden

Der er lavet en indledende, overordnet gennemgang af litteratur, der beskriver planlægning og udformning af hævede krydsflader, men også af studier, der analyserer og beskriver effekterne af at etablere hævede flader. I gennemgangen har der været fokus på den trafiksikkerhedsmæssige effekt ved etablering af hævede flader i kryds, men der, hvor det er fundet relevant, er litteratur af effekter ved etablering af hævede flader på strækninger også medtaget. Der er gennemgået både danske og internationale kilder.

Litteratursøgningen er udført ved at foretage søgninger på relevante nøgleord i diverse søgemaskiner som fx Google Scholar og ScienceDirect. Her udgives de fleste videnskabelige tidsskriftsartikler og rapporter fra offentlige institutioner som fx universiteter og vejbestyrelser. Der er som udgangspunkt søgt på skandinavisk og engelsk litteratur. På dansk er der søgt på variationer og kombinationer af forskellige ord som: Trafiksikkerhed, ulykker, hævet kryds, hævet flade, vigepligt og bump. På engelsk er der søgt på ord som: Speed reduction, raised intersection, plateau, platform, pedestrian crossing, motorist yielding, countermeasure, evaluation, safety, crashes og accidents.

Det har ikke været muligt at rekvirere alle originale studier, idet nogle studier ikke har været umiddelbart tilgængelige i digital form eller via lån på dansk bibliotek.

Anbefalinger fra Vejdirektoratet

I vejregelhåndbogen 'Fartdæmpere' (Vejdirektoratet, 2013) er hævede flader benævnt som "hævede køreflader med ramper". De adskiller sig fra traditionelle trapezbump ved at have en længde på mindst 10 meter i kørselsretningen. De kan benyttes på veje med en planlægningshastighed på 50 km/t eller derunder.



Figur 2. Hævet flade på Vejlesøvej i Holte. Foto: Via Trafik.

Jf. vejreglen bør det sikres, at trafikanten forberedes på forekomsten af hævede flader – først og fremmest ved hjælp af afmærkning med skaktern (skakbræt afmærkning) på ramperne og evt. belægnings skift på selve den hævede del. Der kan også benyttes andre virkemidler som fx beplantning, steler o.lign. til at øge opmærksomheden.

I Vejdirektoratet (2013) findes en oversigt for sammenhæng mellem planlægningshastighed og rampelængde ved etablering af trapezbump. Rampelængderne benyttes ligeledes ved etablering af hævede flader. Hævede krydsflader udformes normalt som trapezbump, men ramperne kan også anlægges som halve sinus- eller cirkelbump.

Tabel 2. Rampelængder og -hældninger for trapezformede bump, men som også er dækkende for hævede krydsflader. Forudsat udført med en rampehøjde på 10 cm (Vejdirektoratet, 2013).

Planlægnings-hastighed (V_p)	Rampelængde	Hældning	Passagehastighed, tunge køretøjer
20 km/t	0,7 m	140 ‰	-
25 km/t	0,8 m	125 ‰	5 km/t
30 km/t	1,0 m	100 ‰	10 km/t
35 km/t	1,3 m	75 ‰	15 km/t
40 km/t	1,7 m	60 ‰	20 km/t
45 km/t	2,0 m	50 ‰	25 km/t
50 km/t	2,5 m	40 ‰	30 km/t
-	3,3 m	30 ‰	35 km/t
-	4,0 m	25 ‰	40 km/t

I vejreglen anbefales det, at der på den hævede del etableres et kantstensopspring på mindst 6 cm eller et taktilt område til at adskille gang- og kørebane. Ellers er der risiko for, at personer, der er blinde eller svagtsende, ved en fejl går ud på kørebanen, eller at fodgængere i øvrigt misforstår vigepligtsforholdene.

Danske studier

I et studie tilbage fra Fyns Amt undersøgte Andersen (2004) bump og hævede fladers sikkerhedsmæssige effekt på kryds- og strækningssulykker i en række gennemfartsbyer. Studiet viste stor effekt på antallet af ulykker, særligt de mest alvorlige ulykker med personskaade. Et eksempel er i Ryslinge, hvor antallet af ulykker på en enkelt strækning faldt fra 17 til kun to ulykker i en 5-årig periode før og efter etablering af bump og hævede flader. Studiet beskæftiger sig således ikke kun med etablering af hævede flader i kryds, men med både bump og hævede flader på længere strækninger i byområde.

I 'Idékatalog for cykeltrafik' (Andersen, 2019) er et afsnit om sikkerhed for de cyklende i vigepligtsregulerede kryds. Her nævnes hævede krydsflader som et tiltag til at forbedre cyklisteres sikkerhed. Tiltaget har til formål at dæmpe hastigheden i krydset. Det beskrives dog samtidig, at det er uvist, om etablering af hævede krydsflader påvirker cyklisternes sikkerhed.

Udenlandske studier

I den norske vejregelhåndbog nr. V128 'Fartsdæmpende tiltak' (Statens vegvesen, 2019) beskrives tiltaget "opphøyd kryss" svarende til den danske hævede krydsflade. Håndbogen angiver, at tiltaget er med til at øge sikkerheden for både gående, cyklende og biler, og at det er særligt egnet i kryds med mange krydsende fodgængere og/eller dårlig oversigt. Det beskrives også, at tiltaget er med til at lette orienteringen for synshandicappede. Dog er tiltagets hastighedsdæmpende effekt mindre end traditionelle bump, hvilket der kan kompenseres en smule for ved at anlægge den hævede del af krydset i en afvigende belægning eller farve.

Lidt overraskende angiver Statens vegvesen (2019) hævede krydsflader som et godt tiltag i kryds, hvor busser skal svinge. Det skyldes primært en øget komfort, idet bussen ikke skal svinge, mens den er på vej op eller ned ad en rampe. Dvs. at denne positive "effekt" skal sammenlignes med en alternativ løsning, hvor der er etableret almindelige vejbump omkring krydset, og hvor bussens ene hjulpar derfor vil være på vej op eller ned fra et bump under svingmanøvren. Efter danske forhold anbefales det generelt ikke at etablere almindelige bump eller hævede flader på veje, hvor der kører busser i rute. I dette tilfælde anbefales pudebump (Vejdirektoratet, 2013).

I den norske Trafiksikkerhedshåndbog foretog Høye (2015) en omfattende litteraturgennemgang og sammenfatning af studier, som har evalueret den trafiksikkerhedsmæssige effekt af fysiske hastighedsdæmpende foranstaltninger som bump, hævede krydsflader og indsnævring. Høye finder bl.a., at bump reducerer antallet af ulykker med 17 %, men har imidlertid kun fundet ét tysk studie fra 1992, som har undersøgt den sikkerhedsmæssige effekt af hævede krydsflader. Dette studie er beskrevet nedenfor.

Schnüll, Haller & Von Lübke (1992) har undersøgt den sikkerhedsmæssige effekt af hævede krydsflader. I studiet er der fundet en ikke-signifikant effekt på +5 % for personskadeulykker og +13 % for materielskadeulykker. En svaghed ved studiet er, at der ikke er benyttet nogen kontrolgruppe, og forfatterne fraråder da også at generalisere resultaterne.

Sørensen & Mosslemi (2009) har undersøgt og sammenfattet effekter på lette trafikanters sikkerhed og oplevede tryghed ved en række vejtekniske tiltag, hvor hævede krydsflader indgår som et af de hastighedsdæmpende tiltag. De finder, at hævede krydsflader har positiv effekt på trafikanternes oplevede tryghed, mens etablering af hævede krydsflader anslås at medføre en lille, ikke-signifikant stigning i antallet af personskadeulykker på 5 %. Denne vurdering er baseret på det ovenover beskrevne tyske studie.

Huang & Cynecki (2000) har ikke fundet nogen forskel på andelen af køretøjer, der overholder vigepligten fra sidevejene før-efter etablering af hævede krydsflader. Et interessant resultat fra undersøgelsen er desuden, at andelen af fodgængere, der vælger at krydse i et fodgængerfelt ved krydset (i stedet for uden for fodgængerfeltet), stiger, når fodgængerfeltet ligger på en hævet krydsflade.

Sapkota & Dua (2019) har gennemført et simpelt før-efter studie uden brug af kontrolgrupper af en hævet krydsflades effekt på hastighed, trafikmængde og ulykker i et T-kryds i Kent Town, Adelaide, Australien. Studiet viser, at gennemsnitshastigheden for den gennemkørende trafik i krydset faldt fra 37,2 til 26,6 km/t (-28 %), mens 85 %-fraktilen faldt fra 47,9 til 34,0 km/t (-32 %). Før ombygning var der sket 12 ulykker i krydset på fem år (2,4 ulykker pr. år før), hvoraf to var med alvorlig personskade. I efterperioden på tre år og otte måneder skete der 10 ulykker (2,7 ulykker pr. år efter), men ingen alvorlige. Totaltrafikken i krydset faldt med ca. 5 % efter ombygning. Her skal medregnes, at cykeltrafikken i krydset steg med 12 %. Forfatterne bemærker dog selv, at forskellen i trafikken før-efter kan være tilfældig, og at der ikke er sammenlignet med udviklingen i andre kontrolkryds.

Detaljeret metodebeskrivelse

Undersøgellesdesign

Projektet er lavet som en før-efter ulykkesevaluering med kontrolgrupper og er baseret på politiregistrerede ulykker for årene 2000-2019. De politiregistrerede ulykker omfatter både personskadeulykker, materielskadeulykker og ekstraheld.

Identificering af analysekryds

Der er foretaget en omfattende screening af det statslige og kommunale vejnet i byområder for at finde potentielle analysekryds i byområder. Der er identificeret 189 analysekryds fordelt på 51 kommuner rundt om i landet. I 184 kryds er der blevet etableret en hævet krydsflade, mens der i de resterende fem er blevet fjernet en hævet krydsflade. Størstedelen af de hævdede krydsflader er beliggende i mindre bysamfund i kommunerne, og i mindre grad i de større byer.

Screeningen har taget udgangspunkt i eget lokalkendskab til vejnettet i byerne opnået gennem bl.a. tidligere projekter og ved at "køre" vejnettet igennem via luftfotos og streetview. Kryds med hævdede flader er som følge af deres udformning relativt lette at spotte på denne måde, hvorfor dette har vist sig som en effektiv måde at identificere analysekryds på. Tabel 3 viser hvilke kommuner, som indgår, og hvor mange kryds, der er inkluderet fra hver kommune.

Tabel 3. De 51 kommuner som er inkluderet i udpegning af 189 analysekryds, samt hvor mange kryds, der indgår fra hver kommune – inkl. kryds beliggende på statsveje. Kommunerne er listet i alfabetisk rækkefølge.

Kommune	Antal	Kommune	Antal	Kommune	Antal	Kommune	Antal	
Aabenraa	2	Faaborg-Midtfyn	5	Køge	2	Skanderborg	8	
Aalborg	9	Glostrup	2	Langeland	4	Slagelse	2	
Assens	3	Gribskov	1	Lejre	3	Solrød	2	
Billund	1	Halsnæs	1	Lemvig	4	Sorø	1	
Brønderslev	3	Hedensted	7	Mariagerfjord	6	Svendborg	1	
Egedal	1	Herlev	2	Middelfart	4	Syddjurs	7	
Esbjerg	1	Hjørring	3	Morsø	1	Thisted	2	
Favrskov	1	Holbæk	1	Norrdjurs	2	Varde	5	
Faxe	8	Horsens	8	Nordfyns	1	Vejle	19	
Fredericia	1	Ikast-Brande	12	Nyborg	1	Vesthimmerland	1	
Frederiksberg	1	Jammerbugt	2	Randers	1	Viborg	5	
Frederikshavn	4	Kalundborg	10	Rebild	2	Vordingborg	1	
Frederikssund	3	Kolding	4	Ringkøbing-Skjern	8			
							I alt	189

Foruden etablering af hævet krydsflade er det registreret, om der er foretaget andre ændringer i krydset efter ombygning, der kan have haft betydning for sikkerheden:

- Ændret hastighedsgrænse (primær- og sekundærvejen)
- Om der er benyttet farvet belægning
- Antal heller (både på primær- og sekundærvejen)
- Antal overkørsler (gennemført fortov og evt. cykelsti ved sideveje)
- Anden hastighedsdæmpning på strækningerne op til krydset
- Ændring fra vigepligt til stoppligt eller omvendt
- Ændring af prioritet i krydset
- Antal fodgængerfelter
- Opsætning/nedtagning af torontoblink.

Data om krydsudformning, -udstyr og -regulering er fundet via nuværende og historiske luftfotos og streetview tilgængelig via Google Maps, ortofoto fra Danmarks miljøportal samt vejman.dk. Dette har vist sig at være en effektiv og pålidelig metode til at indsamle relevant data om udformning og regulering.

Ulykker der indgår i evalueringen

Sikkerhedsvurderingen er udelukkende baseret på data om politiregistrerede trafikulykker hentet via vejman.dk. Der er både indhentet personskadeulykker, materielskadeulykker og ekstraueheld. Hvor det er fundet relevant, er der foretaget en opdeling af sikkerhedseffekterne på de tre ulykkestyper eller kombinationer heraf.

Undersøgelsen omfatter ombygninger gennemført i løbet af perioden ca. 2002-2017 og ulykkesdata for årene 2000-2019. Ulykkesperioderne, der er sammenlignet før og efter ombygning, er af 2-5 års varighed. Ved ulige lange før- og efterperioder er der foretaget en nedskalering af den længste periode. Det skal forstås ved, at hvis en ombygning er foretaget i 2016, så har det været muligt at se på ulykker i fem år før ombygning (2011-2015), men kun tre år efter ombygning (2017-2019). Hvis der samtidig er sket to ulykker i løbet af de fem år før ombygning, mens der er sket én ulykke på de tre år efter, så er ulykkerne i førperioden blevet nedskaleret til tre år, dvs. multipliceret med $3/5 = 0,6$. Altså vil de to ulykker på fem år før ombygning blive reduceret til 1,2 ulykker på tre år. Dette forklarer, at der flere steder i resultatafsnittet er angivet ulykkestal med decimaler enten før eller efter ombygning.

Ulykkesdata fra akutmodtagelse (populært kaldet skadestuedata) er ikke medtaget i evalueringen, da de ikke findes for alle byer, og de ikke altid er tilstrækkeligt stedfæstet. Der er heller ikke foretaget indhentning af selvrappede ulykker eller konfliktstudier.

Korrektion

Til før-efter ulykkesevalueringen er der korrigeret for evt. usikkerheder, der kan påvirke sikkerhedsberegningerne. Dette er gjort ved at benytte kontrolgrupper samt korrektionsfaktorer for:

- $C_{ulykker}$ Ulykkesudvikling (for person- og materielskadeulykker samt ekstraueheld)
- C_{regres} Regressionseffekt (tilfældig ophobning af ulykker)

I dette projekt er det valgt at kontrollere for den generelle ulykkesudvikling samt evt. regressionseffekt (hvis lokaliteten er ombygget pga. særlig høj ulykkesforekomst). Der kontrolleres således ikke for lokale ændringer i trafikmængderne på lokaliteterne. Korrektionen for ulykkesudvikling og regressionseffekt er lavet ved at gange antallet af ulykker i førperioden med korrektionsfaktorerne, hvormed der fås et forventet antal ulykker i efterperioden:

$$Ulykker_{forventet} = Ulykker_{før} * C_{ulykker} * C_{regres}$$

Det enkelte tiltags sikkerhedseffekt er efterfølgende opgjort ved:

$$Sikkerhedseffekt = \frac{\sum Ulykker_{efter}}{\sum Ulykker_{forventet}} - 1$$

Sikkerhedseffekterne angives som procentvis ændring. Fx vil en effekt på "-10 %" betyde, at ombygningen har medført et fald i antallet af ulykker på 10 %, mens en effekt på "+10 %" vil betyde en stigning på 10 %.

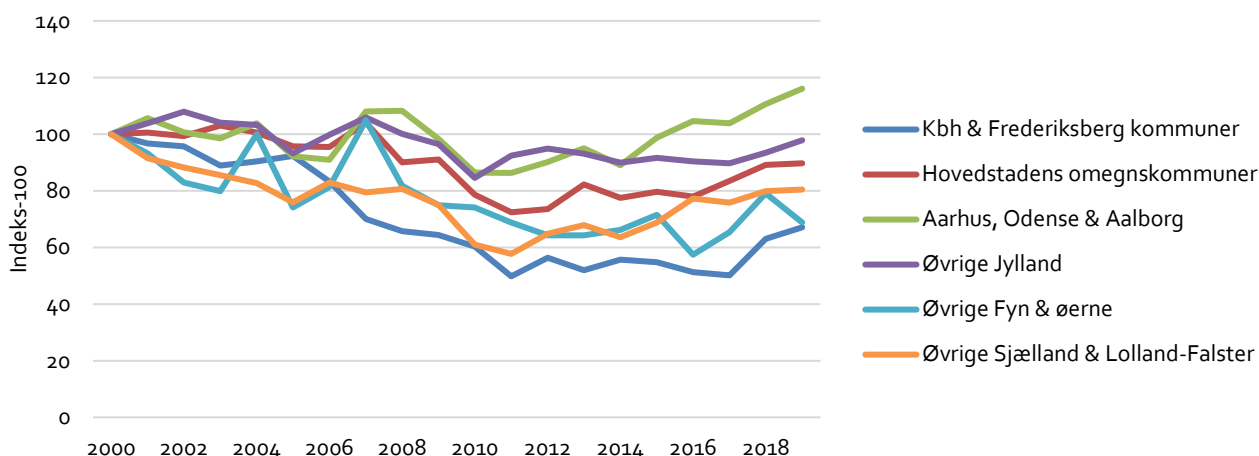
Ulykkesudvikling

Ulykkesfaktoren, $C_{ulykker}$, beskriver den del af ændringen i ulykkesforekomsten før og efter ombygning, der kan henføres til generelle ændringer i trafiksikkerheden. Da der i evalueringen indgår ulykker for samlet 20 år (2000-2019), er det valgt at korrigere for generel udvikling i trafiksikkerheden over tid. Således er der

korrigeret for den del af forskellen i ulykkesantallet før-efter, der kan henføres til generelle forbedringer af trafikikkerheden, bl.a. i form af:

- Bedre køreuddannelse
- Sikrere køretøjer (bedre bremsesystemer, automatiske nødbremsesystemer o.l.)
- Kampagnevirksomhed
- Fald i antallet af spiritusulykker.

Figur 3 viser den indekserede udvikling i krydsulykker i byzone fra 2000-2019.



Figur 3. Indekseret udvikling i politiregistrerede krydsulykker (personskadeulykker, materielskadeulykker og ekstrauheld) i byzone i perioden 2000-2019 (2000 = 100).

Som kontrolgrupper er det valgt at benytte den generelle udvikling i politiregistrerede krydsulykker i byzone i en 5-årig periode før og efter ombygning. Opgørelsen omfatter også ulykker på statsveje. Der er benyttet både personskadeulykker, materielskadeulykker og ekstrauheld for perioden 2000-2019, og kontrolgrupperne er inddelt i seks undergrupper, som er:

1. København & Frederiksberg kommuner
2. Hovedstadens omegnskommuner
3. Aarhus, Odense & Aalborg
4. Øvrige Jylland
5. Øvrige Fyn og øerne
6. Øvrige Sjælland & Lolland-Falster.

Hvis det fx er et kryds i Aarhus, der er ombygget i 2010, som er evalueret, er korrektionen foretaget ved at sammenligne med udviklingen i krydsulykker fra fem år før og efter, hhv. 2005-2009 til 2011-2015 i gruppen med Aarhus, Odense og Aalborg.

I resultatafsnittet er sikkerhedseffekterne flere steder opgjort separat for personskadeulykker, materielskadeulykker og ekstrauheld. I hvert af disse tilfælde er der udarbejdet specifikke kontrolgrupper for ulykkesudviklingen på de enkelte ulykkestyper, da udviklingen kan være ganske forskellig for hver type samtidig med, at der kan være forskel i registreringsgraden af fx ekstrauheld i forskellige dele af landet. Der er således altid benyttet den generelle udvikling i personskadeulykker i bykryds, hvis sikkerhedseffekten er beregnet for personskadeulykker osv.

Regressionseffekt

En hævet krydsflade vil som udgangspunkt blive kategoriseret som et tiltag rettet mod at forbedre trafikikkerheden. Men en hævet krydsflade vil i nogle tilfælde også blive anvendt som et tryghedstiltag

pga. krydsfladens hastighedsdæmpende effekt. Etablering af en hævet krydsflade er således ikke altid ensbetydende med, at der før etablering har været et trafikikkerhedsproblem på lokaliteten. Hvorvidt den enkelte hævede krydsflade er blevet etableret af hensyn til trafikikkerheden og/eller trygheden, har ikke været muligt at undersøge nærmere inden for projektets rammer, dvs. at der ikke er foretaget verificering af anlægsprojektets formål hos den enkelte kommune.

Ved evaluering af et tiltags trafikikkerhedsmæssige effekt vil der normalt korrigeres for tilfældig ulykkesophobning – den såkaldte regressionseffekt. Forklaringen herpå er, at efter en udpegningsperiode, hvor der er sket mange ulykker på en given lokalitet, og hvor man efterfølgende ønsker at påvirke ulykkestallet med et tiltag, vil man kunne forvente at se et fald i antallet af ulykker, selvom man ikke laver noget om. Dvs. at der har været en tilfældig høj forekomst af ulykker i udpegningsperioden, og hvis der ikke korrigeres for dette, vil tiltagets effekt altså blive overvurderet. Derfor benyttes regressionseffekten til at beregne et forventet antal ulykker efter ombygning. Hvor korrektionsfaktoren for den generelle udvikling i trafikikkerheden i Danmark tager højde for, at antallet af ulykker generelt set er faldet (eller steget) fra før- til efterperioden, så tager regressionseffekten højde for udviklingen i antallet af ulykker på den specifikke lokalitet, der undersøges.

I nærværende undersøgelse er der korrigeret for regressionseffekten ved brug af den såkaldte gennemsnitsmetodik-metode (Vejdirektoratet, 2015), hvor det forventede antal ulykker efter ombygning findes ved at korrigeres med en faktor, som findes ud fra antallet af rapporterede/registrerede ulykker før ombygning. Gennemsnitsmetodik-metoden er udviklet på baggrund af en større gennemgang af ulykker fra knap 14.000 danske kryds, hvor ulykkernes tilfældige variation er undersøgt. Det har gjort det muligt at angive en gennemsnitlig regressionseffekt for lokaliteter ud fra antallet af rapporterede ulykker, som vist i tabel 4.

Rapporterede ulykker	3-årig ulykkesperiode		5-årig ulykkesperiode	
	Reelt ulykkesniveau	Reg.effekt	Reelt ulykkesniveau	Reg.effekt
1	0,57	43 %	0,61	39 %
2	1,22	39 %	1,26	37 %
3	1,89	37 %	1,94	35 %
4	2,58	36 %	2,63	34 %
5	3,28	34 %	3,33	33 %
6	4,00	33 %	4,04	33 %
7	4,73	32 %	4,75	32 %
8	5,47	32 %	5,47	32 %
9	6,21	31 %	6,20	31 %
10	6,97	30 %	6,93	31 %
11	7,73	30 %	7,66	30 %
12	8,49	29 %	8,40	30 %
13	9,26	29 %	9,14	30 %
14	10,04	28 %	9,89	29 %
15	10,82	28 %	10,64	29 %

Tabel 4. Regressionseffektens gennemsnitlige andel af rapporterede ulykker på lokaliteter med en hhv. 3- og 5-årig ulykkesperiode (Vejdirektoratet, 2015).

Homogenitet- og signifikanstest

Et simpelt effekttestimat ved at ombygge fra én krydsløsning til en anden laves ved at opgøre effekten af et tiltag som summen af det forventede antal ulykker efter ombygning på alle lokaliteter (dvs. ulykker før ombygning korrigeret for regressionseffekt og generel udvikling i ulykker/trafikikkerheden) divideret med summen af det observerede antal ulykker på alle lokaliteter efter ombygning. Men dette simple effekttestimat siger imidlertid intet om, hvorvidt der ses samme tendenser/effekter på tværs af lokaliteterne, hvorfor et sådant effekttestimat er en smule naivt.

For at kontrollere, om effekterne på hver enkelt lokalitet med rimelighed kan siges at være ensartede eller varierer fra lokalitet til lokalitet, er der foretaget en homogenitetstest. Desuden er der foretaget beregninger for det statistiske signifikansniveau for hvert effekttestimat, der siger noget om, hvor pålideligt estimatet er.

Ud af de 189 lokaliteter, der indgår i evalueringen, er der en række såkaldte "nul-lokaliteter". Dvs. at antallet af ulykker er nul både før og efter ombygning. Steder, hvor der hverken er sket ulykker før eller efter ombygning, indgår ikke i homogenitetstesten. Foruden nul-lokaliteter er der også mange såkaldte "partielle nul-lokaliteter", hvor antallet af ulykker er nul enten før eller efter ombygning. Endelig er der på flere lokaliteter kun sket ganske få ulykker. Både nul-lokaliteter, partielle nul-lokaliteter og generelt lokaliteter med få ulykker er svære at håndtere i en statistisk behandling, da flere statistiske test har svært ved at håndtere nul-værdier og/eller små værdier (fx værdier mindre end fem).

I denne før-efter ulykkesevaluering er der taget udgangspunkt i en metode beskrevet af Jørgensen (1981), som kan bruges til at estimere effekter af en række ombygninger på tværs af flere lokaliteter. Metoden undersøger den stedspecifikke effekt af en ombygning, og om der kan påvises at være samme tendenser (effekthomogenitet) på tværs af lokaliteterne for derved at finde frem til ét samlet middeffekttestimat. Signifikanstesten er en χ^2 -test (chi²-test), der udmåler sandsynligheden for, at resultaterne er tilfældige. Der er imidlertid nogle ulemper forbundet med denne metode. Bl.a. vil effektestimaterne typisk være enten meget pessimistiske eller meget optimistiske. Det skyldes, at det samlede effekttestimat udregnes på baggrund af det samlede antal ulykker og ikke som en vægtet summering af de stedspecifikke effekter.

Statistisk signifikans

Til fortolkning af signifikanstesten er der anvendt signifikansniveauer på 5 % og 10 %, der er udtrykt ved den såkaldte p-værdi. For yderligere at forklare p-værdien er følgende formuleringer i tabel 5 anvendt:

Tabel 5. Formuleringer til fortolkning af p-værdier ved test af signifikans.

Signifikant (sikker ændring):

Forskellen på antallet af ulykker anses for at være mindst 95 % sikker. Sandsynligheden, for at forskellen skyldes tilfældig variation, er mindre end 5 % ($p < 0,05$).

Tendens (forholdsvis sikker ændring):

Forskellen på antallet af ulykker vurderes at være sandsynlig (90-95 % sikker). Sandsynligheden for at forskellen skyldes tilfældig variation er 5-10 % ($0,05 \leq p < 0,10$).

Nej, ændring ikke påvist:

Forskellen på antallet af ulykker er sandsynligvis et udtryk for tilfældige variationer. Resultatet kan skyldes, at tiltaget ingen indvirkning har på antallet af ulykker ($p \geq 0,10$).

For at ændringen fra én krydstype til en anden kan antages at have haft en signifikant sikkerhedseffekt på ulykkesniveauet, er der anvendt et signifikansniveau på 5 % ($p < 0,05$). Et signifikansniveau mindre end 5 % er udtryk for, at effekttestimatet er sikkert (signifikant). Et signifikansniveau på mellem 5 og 10 % er udtryk for, at effekttestimatet er forholdsvis sikkert, mens et signifikansniveau større end 10 % er udtryk for, at datamængden er for lille, eller at tiltagene ikke kan påvises at have en effekt.

For at der kan antages at være effekthomogenitet, er der ligeledes anvendt et 5 % signifikansniveau. Hvis p-værdien ligger indenfor 95 % (dvs. $p \geq 0,05$) kan effekthomogenitet ikke afvises.

Resultater

I det følgende resultat afsnit er der fokus på at beskrive resultaterne for de 184 kryds, hvor der er blevet etableret en hævet krydsflade, da dette er projektets primære formål.

Overordnet sikkerhedseffekt af hævet krydsflade

De overordnede sikkerhedseffekter af i alt 184 etableringer af hævede flader i vigepligtsregulerede kryds ses i tabel 6. Alle sikkerhedseffekterne er homogene og kan derfor generaliseres. Det bemærkes, at 74 (40 %) af de 184 lokaliteter er nullocaliteter, dvs. at der ikke er registreret ulykker hverken før eller efter ombygning til hævet flade.

Tabel 6. Overordnet sikkerhedseffekt af at etablere en hævet krydsflade i et vigepligtsreguleret kryds. N = 184.

Ulykkesart og personskade	Før	Forventet	Efter	Effekt	Homogen?	Signifikant?
Personskadeulykker	60,2	26,6	21,4	-19%	Ja	Nej
Materielskadeulykker	67,8	49,3	36,6	-26%	Ja	Nej
Ekstrauheld	18,0	14,1	15,4	+10%	Ja	Nej
Person- og materielskadeulykker	128,0	80,4	58,0	-28%	Ja	Ja
Alle ulykker (inkl. ekstrauheld)	146,0	96,1	73,4	-24%	Ja	Tendens

Etablering af hævede flader i vigepligtsregulerede kryds har overordnet set reduceret antallet af personskadeulykker med 19 %. Effekten er ikke statistisk signifikant. For person- og materielskadeulykker er der fundet en signifikant sikkerhedseffekt på -28 % ($p = 0,04$), mens der er fundet en forholdsvis sikker effekt på alle ulykker (dvs. inkl. ekstrauheld) på -24 %.

Ses der alene på sikkerhedseffekten på materielskadeulykker (-26 %) og ekstrauheld (+10 %), er sikkerhedseffekterne ikke statistisk signifikante. Overordnet set er sikkerhedseffekterne ved at etablere hævede krydsflader gode, da antallet af ulykker generelt set falder, når der ses samlet på de forskellige ulykkestyper.

Sikkerhedseffekt ved "rene" løsninger

For at kvalificere den reelle effekt ved etablering af hævede krydsflader i vigepligtskryds, er der undersøgt såkaldte "rene" løsninger, dvs. lokaliteter, hvor den eneste forskel før og efter ombygning er selve tilstedeværelsen af den hævede flade. Dermed er der mindre risiko for, at sikkerhedseffekten er påvirket af andre tiltag som etablering af hastighedszoner, heller på primærvej eller sideveje, etablering eller nedlæggelse af overkørsler, fodgængerfelter el.lign. Kravene til ombygning fra en "ren" løsning til en anden er følgende:

- Der skal have været samme skiltede hastighed i krydset før og efter ombygning.
- Hvis der ikke har været farvet belægning i krydset før ombygning, må der heller ikke være efter – og omvendt.
- Der skal have været lige mange heller på primærvej og sideveje før og efter.
- Der skal have været samme antal overkørsler før og efter.
- Hvis der har været anden form for hastighedsdæmpning på strækningerne op til krydset før ombygning, skal der være samme foranstaltninger efter ombygning. Alternativt må der ikke have været hastighedsdæmpning hverken før eller efter.
- Der skal have været samme reguleringsform før og efter (dvs. enten vigepligt eller stoppligt for sidevejstrafikken både før og efter).
- Der må ikke være forskel på prioritet i krydset (dvs. i tilfælde af at der tidligere har været "knækket" prioritet, skal denne være den samme både før og efter).
- Der må ikke være sket en vending af vigepligten i krydset før og efter.
- Antallet af fodgængerfelter og evt. torontoblink skal være det samme før og efter.

Ud af i alt 184 lokaliteter er det kun 45 (24 %), der opfylder førnævnte krav. På de øvrige 139 lokaliteter er der foretaget andre ændringer end blot etableringen af en hævet krydsflade, som altså kan have haft indflydelse på sikkerheden.

De overordnede sikkerhedseffekter af de 45 "rene" løsninger ses i tabel 7. Sikkerhedseffekterne er alle homogene, og de kan derfor generaliseres. Det bemærkes, at 21 (47 %) af de "rene" løsninger er nullocaliteter, hvor der ikke er registreret ulykker hverken før eller efter ombygning.

Tabel 7. Sikkerhedseffekt af at etablere en hævet krydsflade som eneste ændring i et vigepligtskryds. N = 45.

Ulykkesart og personskade	Før	Forventet	Efter	Effekt	Homogen?	Signifikant?
Personskadeulykker	7,0	3,1	2,0	-36%	Ja	Nej
Materielskadeulykker	15,4	11,5	6,0	-48%	Ja	Nej
Ekstrauheld	8,4	5,8	3,0	-48%	Ja	Nej
Person- og materielskadeulykker	22,4	14,5	8,0	-45%	Ja	Nej
Alle ulykker (inkl. ekstrauheld)	30,8	20,3	11,0	-46%	Ja	Tendens

Sikkerhedseffekten på personskadeulykker er fundet til -36 %, mens den er fundet til -48% for både materielskadeulykker og ekstrauheld. For person- og materielskadeulykker er der en ikke-signifikant sikkerhedseffekt på -45 % for de "rene" løsninger. Ses der samlet på alle tre ulykkestyper, er sikkerhedseffekten -46 %, og estimeret er forholdsvis sikkert (tendens). Ingen af sikkerhedseffekterne for de "rene" løsninger er dog signifikante, og der er tale om meget få ulykker. Desuden bemærkes det, at sikkerhedseffekterne for alle tre ulykkestyper er større, end når der ses samlet på alle lokaliteter.

En af forklaringerne på, at der ses bedre effekter ved de "rene" løsninger, kan være, at der efter etablering af en hævet krydsflade er lavet andre ændringer i krydsene, som har haft dårlig indflydelse på sikkerheden. Der er flere eksempler på kryds, hvor der før ombygning har været gennemførte fortove ved sidevejene, der efterfølgende er blevet fjernet. Der ses også eksempler på, at vigepligten er blevet vendt efter etablering af en hævet flade, eller at der er afmærket stoppligt (fuldt stop) for sidevejene i kryds, som efter etablering af en hævet krydsflade er blevet ændret til almindelig vigepligt (hajtænder/vigelinje).

Sikkerhedseffekt med regressionseffekt beregnet ved før-før-periode

Der er foretaget en beregning for sikkerhedseffekten af at etablere en hævet krydsflade, men hvor der er korrigeret for regressionseffekten ved brug af en før-før-periode i stedet for gennemsnitsmetodik-metoden, som er benyttet i de øvrige beregninger.

Tabel 8 viser sikkerhedseffekterne af at etablere en hævet krydsflade, hvor den anvendte regressionseffekt er beregnet ud fra en før-før-periode i stedet for gennemsnitsmetodik-metoden.

Tabel 8. Sikkerhedseffekt af at etablere en hævet krydsflade i et vigepligtsreguleret kryds med korrektion for regressionseffekt ud fra før-før-periode. N = 184.

Ulykkesart og personskade	Før	Forventet	Efter	Effekt	Homogen?	Signifikant?
Personskadeulykker	60,2	29,5	21,4	-27%	Ja	Nej
Materielskadeulykker	67,8	62,3	36,6	-41%	Ja	Ja
Ekstrauheld	18,0	15,6	15,4	-1%	Ja	Nej
Person- og materielskadeulykker	128,0	98,3	58,0	-41%	Ja	Ja
Alle ulykker (inkl. ekstrauheld)	146,0	117,3	73,4	-37%	Ja	Ja

Generelt viser beregningerne en god sikkerhedseffekt af hævdede krydsflader og en større sikkerhedsmæssig effekt end beregningerne med gennemsnitsmetodik-metoden. Det er et udtryk for, at regressionseffekten overordnet set er mindre (tættere på en faktor 1,0), når den udregnes på baggrund af en før-før-periode i stedet for gennemsnitsmetodik-metoden.

Beregning af regressionseffekten ud fra en før-før-periode medfører altså, at den generelle sikkerhedseffekt af at etablere en hævet krydsflade har været større (-37 %) sammenlignet med sikkerhedseffekten (på -24 %), når regressionseffekten er beregnet med gennemsnitsmetodik-metoden. Før-før-perioden tager således højde for, at den tilfældige ulykkesophobning i førperioden ikke er lige så stor, som den antages at være ved brug af gennemsnitsmetodik-metoden. Med gennemsnitsmetodik-metoden er der en gennemsnitlig regressionseffekt på de lokaliteter, hvor der er sket ulykker i førperioden, på 38 % pr. lokalitet. Ved beregning med en før-før-periode er den gennemsnitlige regressionseffekt kun halvt så stor, dvs. 19 % pr. lokalitet.

Resultater fra øvrige delundersøgelser

Denne artikel er en forkortet version af baggrundsrapporten for undersøgelsen med titlen *Trafiksikkerhed ved hævede krydsflader i vigepligtskryds – En før-efter ulykkesevaluering* (Jensen m.fl., 2021), som indeholder yderligere delundersøgelser for hævede krydsfladers sikkerhedsmæssige effekt, bl.a.:

- Betydning af krydsudformning
- Betydning af vejudformning
- Betydning af farvet belægning
- Betydning af krydsfladens længde
- Sikkerhedseffekt på forskellige ulykkesituationer
- Sikkerhedseffekt afhængigt af skiltet hastighed
- Sikkerhedseffekt på ulykker med lette trafikanter
- Sikkerhedseffekt i forskellige dele af landet
- Kort- og langsigtet sikkerhedseffekt
- Sikkerhedseffekt afhængigt af trafikmængder
- Sikkerhedseffekt af at fjerne en hævet krydsflade.

Konklusion og diskussion

Nærværende rapport beskriver en før-efter ulykkesevaluering af hævede krydsflader i vigepligtsregulerede kryds i byer.

Formål og metode

Baggrund: Rundt om i landet foretages hvert år skolevejsanalyser med henblik på at forbedre forholdene på skolevejen, så den bliver mere sikker og tryk at færdes på. I skolevejsanalyserne er der således fokus på tiltag, der både kan være med til at øge trygheden, så vi kan få flere til at gå eller cykle til skole, og som kan være med til at øge sikkerheden, så vi undgår ulykker.

Et tiltag, der ofte benyttes på skoleveje, er hævede krydsflader, hvor hele krydset er hævet som et bump. Dette skal medvirke til at sænke hastighedsniveauet i krydset, som er med til at reducere risikoen for ulykker. Samtidig er den hævede krydsflade med til at øge trygheden, særligt blandt fodgængere, der skal krydse vejen i krydset.

En gennemgang af danske og udenlandske studier viser dog lidt overraskende, at der findes meget lidt viden om den sikkerhedsmæssige effekt af hævede krydsflader. De få studier, der er, viser, at der tilsyneladende ingen sikkerhedsmæssig effekt er af hævede flader eller måske endda, at sikkerhedseffekten er negativ.

Formål: Projektets formål har derfor været at undersøge den sikkerhedsmæssige effekt af at etablere hævede krydsflader i vigepligtsregulerede kryds, dvs. at komme med et estimat for størrelsen på den isolerede sikkerhedseffekt af at etablere en hævet krydsflade i et enkelt prioriteret vejkryds i byzone. Denne viden er helt fundamental i arbejdet med at forbedre sikkerheden for skolebørn og andre trafikanter, og ikke mindst at få mest trafikikkerhed for de ofte begrænsede kommunale budgetter til forbedring af skolevejene.

Metode og data: Undersøgelsen er lavet som en før-efter ulykkesevaluering med kontrol for generel ulykkesudvikling og evt. regressionseffekt. Der indgår bykryds, hvor der er blevet etableret eller fjernet hævede krydsflader i de seneste 20 år. Undersøgelsen er baseret på politiregistrerede ulykker fra 2000-2019, og omfatter i alt 184 kryds, hvor der er etableret hævede krydsflader og fem kryds, hvor der er fjernet en krydsflade. Krydsene fordeler sig på 51 af landets kommuner. Sikkerhedseffekterne ved hhv. at etablere eller fjerne hævede krydsflader er fundet ved at undersøge forskellen i politiregistrerede ulykker før og efter ombygning.

Sikkerhedseffekt

Overordnet sikkerhedseffekt: Undersøgelsen viser, at etablering af en hævet krydsflade kan forventes at reducere antallet af ulykker (alle ulykker inkl. ekstraueheld) med 24 %. Effekten er statistisk set forholdsvis sikker, dvs. at risikoen, for at resultatet er et udslag af tilfældigheder, er under 10 %.

En hævet krydsflade kan reducere antallet af person- og materielskadeulykker med 28 %. Dette resultat er statistisk signifikant, dvs. at risikoen, for at resultatet er fremkommet ved en tilfældighed, er under 5 %.

Sikkerhedseffekterne gælder ulykker, der er sket i selve krydsområdet og på tilstødende veje op til 50 meter fra krydset. Samlet set vurderes det, at den overordnede sikkerhedseffekt må forventes at være en reduktion på omkring 25 % i antallet af ulykker ved at etablere en hævet krydsflade i et vigepligtsreguleret kryds. Effekten kan vise sig at være endnu bedre, da undersøgelsen finder større effekter ved 1) beregning af regressionseffekt ud fra en før-før-periode og 2) i de kryds, hvor der ikke er foretaget andre geometriske eller afmærkningstekniske ændringer i forbindelse med etablering af hævet krydsflade. En reduktion på 25 % anses således for at være den effekt, tiltaget som minimum kan forventes at have.

”Rene” løsninger vs. alle løsninger: Undersøgelsen viser, at når lokaliteterne renses for ændrede forhold før-efter, som kan have haft indflydelse på sikkerhedseffekten i krydsene, er sikkerhedseffekten af en hævet krydsflade bedre, end når alle lokaliteterne betragtes samlet. En af forklaringerne herpå kan være, at der efter etablering af en hævet krydsflade er lavet andre ændringer, som har haft dårlig indflydelse på sikkerheden. Således er der fundet flere eksempler på kryds, hvor der før ombygning har været gennemførte fortove ved sidevejene, der efterfølgende er blevet fjernet. Der ses også eksempler på, at vigepligten er blevet vendt efter etablering af en hævet flade, eller at der er afmærket stoppligt (fuldt stop) for sidevejene i kryds, som efter etablering af en hævet krydsflade er blevet ændret til almindelig vigepligt (hajtænder/vigelinje).

Jf. ’Håndbog, Trafiksikkerhed’ (Vejdirektoratet, 2014) har overkørsler i prioriterede kryds (dvs. hvor et fortov og evt. cykelsti er ført ubrudt forbi en sidevej) god effekt på ulykker med lette trafikanter. Ligeledes har etablering af stoppligt i vigepligtsregulerede kryds god sikkerhedseffekt – særligt på de mest alvorlige ulykker med personskade. Desuden har studier påvist en reversibel effekt, dvs. hvor en ændring ”tilbage” til vigepligt (mindre sikker løsning) kan forventes at have en tilsvarende negativ effekt på sikkerheden.

Det anses derfor som meget sandsynligt, at disse ændringer til mindre sikre løsninger har påvirket sikkerheden negativt, hvilket har reduceret den fundne sikkerhedsmæssige effekt af at etablere en hævet krydsflade.

Reversibel effekt: Der er ikke overraskende fundet flest lokaliteter, hvor der er blevet etableret hævede krydsflader. Men der er også fundet fem lokaliteter, hvor der er fjernet hævede krydsflader. Dette har givet mulighed for at undersøge, om tiltagets positive effekt kan påvises at være tilsvarende negativ ved at fjerne en hævet krydsflade – altså en reversibel effekt.

Der er ikke fundet statistisk sikre estimater for effekten af at fjerne en hævet flade, men resultaterne tyder på, at sikkerhedseffekten er reversibel.

Krydsudformning: Undersøgelsen tyder på, at der er større effekt af at etablere en hævet krydsflade i F-kryds end i T-kryds. Det skyldes givetvis, at den hævede flade er med til at tydeliggøre vigepligten fra sidevejene i F-kryds, samtidig med at hastigheden reduceres på både primærvejen og sidevejene i krydset. I T-kryds har sidevejstrafikanterne selvsagt ikke mulighed for at fortsætte lige igennem krydset, uanset om der er etableret en hævet krydsflade eller ej. Dette vil medføre en naturlig nedbremsning frem mod krydset. Den sikkerhedsmæssige effekt af at etablere en hævet krydsflade i T-kryds skal således formentlig findes ved, at opmærksomheden på krydsområdet øges, og at hastigheden reduceres på primærvejen.

Vejudformning: Hævede krydsflader ser ud til at være et godt tiltag i kryds, der ligger umiddelbart før, efter eller i en horisontal kurve, og i kryds med dårlig oversigt i øvrigt.

Farvet belægning: Undersøgelsen tyder ikke på, at farvet belægning har nogen mærkbar effekt på sikkerheden i kryds med hævet krydsflade. Farvet belægning kan dog stadig benyttes som et virkemiddel til at øge både opmærksomheden og trygheden i krydset.

Krydsfladens længde: Det ser ud til, at korte krydsflader har den bedste sikkerhedsmæssige effekt, men at effekten aftager, jo længere krydsfladen bliver. Det skyldes formentlig, at den hastighedsdæmpende effekt af fladens ramper flyttes længere væk fra selve krydsområdet, hvor der er størst behov for at holde hastigheden nede. Samtidig ser det ud til, at krydsfladens længde på hver side af sidevejstilslutningerne (”vingerne”) skal være mellem 7,5 og 10,0 meter for at opnå den bedste sikkerhedseffekt.

Ulykkesituationer: Hævede krydsflader ser ud til at være et effektivt tiltag mod eneulykker i og omkring vigepligtskryds. Særligt i F-kryds er der en god sikkerhedseffekt. Også på venstresvingulykker (både

venstresving fra primærvejen og vigepligtsforseelser ved venstresving fra sideveje) er der god sikkerhedseffekt.

Skiltet hastighed: Det tyder ikke på, at der fås en yderligere effekt af at kombinere en hævet krydsflade med en nedskiltning af hastigheden. Dog viser undersøgelsen, at hvis der er ønske om at skilte hastigheden ned, opnås den bedste effekt ved at lave en lokal hastighedsbegrænsning (skiltet med C55) fremfor en hastighedszone (skiltet med E53) med anbefalet hastighed.

Sikkerhed for lette trafikanter: Efter etablering af hævede krydsflader er der sket en lille stigning i antallet af ulykker med fodgængere, men et fald i antallet af de mest alvorlige ulykker med personskaade. Der er dog generelt registreret meget få fodgængerulykker, hvorfor tallene skal tages med forbehold. Til sammenligning ser antallet af cykel- og knallertulykker ud til at falde ved etablering af hævede krydsflader, og da der er registreret 3-4 gange så mange ulykker med cyklister og knallertkørere, som der er registreret ulykker med fodgængere, er det samlede antal ulykker med lette trafikanter (dvs. gående, cyklende og knallertkørere) faldet.

Kort- og langsigtet effekt: Det tyder ikke på, at der er en tilvænningsperiode, da krydsfladernes sikkerhedsmæssige effekt indtræder med det samme. Således ses en god sikkerhedseffekt af hævede krydsflader allerede 1. år efter ombygning.

Trafikmængder: Der er ikke påvist at være nogen sammenhæng mellem sikkerhedseffekten af at etablere hævede krydsflader og antallet af indkørende motorkøretøjer pr. døgn. Ej heller ses nogen sammenhæng afhængigt af trafikens fordeling på primær- og sideveje i krydsene.

Forskelle mellem landsdele og byer: Der er ikke fundet tendenser for, at der skulle være forskel på sikkerhedseffekten mellem landsdele eller mellem større og mindre byer.

Bedste bud på den sikkerhedsmæssige effekt: På baggrund af nærværende undersøgelse estimeres sikkerhedseffekten af at etablere en hævet krydsflade i et vigepligtskryds i byzone at være som angivet i tabel 9. Det er valgt at angive effekterne på personskaadeulykker, materielskaadeulykker og alle ulykker med procentvis ændring for alle ulykkessituationer i hhv. T-kryds, F-kryds og samlet for begge krydstyper.

Tabel 9. Estimeret effekt (%) af at etablere en hævet krydsflade i vigepligtskryds i byzone. *Effekten er statistisk signifikant.

Hævet krydsflade i vigepligtskryds i byzone Effekt (%)	Alle ulykkessituationer		
	Alle kryds	T-kryds	F-kryds
Personskadeulykker	-20	-15	-20
Materielskaadeulykker	-25	-15	-30
Person- og materielskaadeulykker	-25*	-20	-30
Alle ulykker (inkl. ekstraheld)	-25	-10	-30*

Hævede krydsflader har generelt god effekt i vigepligtsregulerede kryds, og tiltaget vurderes at forebygge i størrelsesordenen 25 % af alle ulykker indenfor 50 meters afstand til et kryds, hvor der er etableret en hævet krydsflade. Det er desuden vurderingen, at tiltaget har større effekt i F-kryds end i T-kryds, som angivet i tabellen. Tiltaget vurderes ikke at have samme effekt på personskaadeulykker som på de mindre alvorlige materielskaadeulykker.

Referencer

Andersen, J. S. (2004). Hævede krydsflader og bump i gennemfartsbyer. Dansk Vejtidsskrift. November, 2004.

Andersen, T. (2019). Idékatalog for cykeltrafik - Udformning af cykelinfrastruktur – Vigepligtsregulerede kryds, Cycling Embassy of Denmark, <https://idekatalogforcykeltrafik.dk/vigepligtsregulerede-kryds/>.

Huang, H. F., & Cynecki, M. J. (2000). Effects of Traffic Calming Measures on Pedestrian and Motorist Behavior. Transportation Research Record, 1705/2000, 26-31.

Høye, A. (2015). Fysisk fartsregulering, Trafikksikkerhåndboken, Transportøkonomisk institutt, <https://www.tshandbok.no/del-2/3-trafikkregulering/doc661/>.

Jensen, M.L., Sørensen, M.W.J., Madsen, T.K.O. & Thomsen, S.D. (2021). Trafiksikkerhed ved hævede krydsflader i vigepligtskryds – En før-efter ulykkesevaluering. Via Trafik & AAU BUILD, marts, 2021.

Jørgensen, E. (1981). Sikkerhedsmæssig effekt: Vejledning for vejbestyrelser. Vejdirektoratet, 1981.

Linderholm, L. (1992). Traffic Safety Evaluation of Engineering Measures: Development of a Method and its Application to How Physical Layouts Influence Bicyclists at Signalized Intersections. Department of Traffic Planning and Engineering, Institute of Technology, University of Lund, Sweden.

Schnüll, R., Haller, W. & Von Lübke, H. (1992). Sicherheitsanliegen bei der umgestaltung von knotenpunkten in Städten. Forschungsbericht 253. Bergisch Gladbach, Bundesanstalt für Strassenwesen (BASt).

Sapkota, J. & Dua, A. (2019). A case study on raised intersection platform on urban arterial un-signalized intersection, South Australia. Road Safety Directorate, Department of Planning, Transport & Infrastructure, South Australia. Proceedings of the 2019 Australasian Road Safety Conference: <https://acrs.org.au/files/papers/arsc/2019/JACRS-D-19-00091-Dua.pdf>.

Statens vegvesen (2019). Fartsdempende tiltak (veiledning). Håndbok V128 af Statens Vegvesen og Vegdirektoratet. ISBN: 978-82-7207-715-9.

Sørensen, M. W. J. & Mosslemi, M. (2009). Subjective and Objective Safety: The Effect of Road Safety Measures on Subjective Safety among Vulnerable Road Users. Transportøkonomisk institutt. TØI-rapport 1009/2009. ISBN: 978-82-480-0959-7.

Vejdirektoratet (2013). Håndbog, Fartdæmpere – Anlæg og planlægning.

Vejdirektoratet (2014). Håndbog, Trafiksikkerhed – Effekter af vejtekniske virkemidler, 2. udgave. Rapport nr. 507. ISBN: 978-87-93184-08-4.

Vejdirektoratet (2015). Håndbog trafiksikkerhedsberegninger og ulykkesbekæmpelse. ISBN: 978-87-93184-69-5.