

Dette udvidet resumé 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>

# Uheldsmodel for cykler i vigepligtsregulerede kryds i byer

Mathias Hoffmann Feldens, [mathiashoffmann.feldens@sweco.dk](mailto:mathiashoffmann.feldens@sweco.dk), Via Trafik – En del af Sweco  
Anne Vingaard Olesen, [avo@build.aau.dk](mailto:avo@build.aau.dk), Aalborg Universitet  
Jens Lauritsen, [jens.lauritsen@rsyd.dk](mailto:jens.lauritsen@rsyd.dk), Odense Universitetshospital

## Abstrakt

Dette studie undersøger trafiksikkerheden for cyklister i vigepligtsregulerede kryds i byer ved hjælp af en uheldsmodel. Uheldsmodellen er opstillet som en faktormodel, som kan bruges til at beskrive sammenhængen mellem uheldstæthed og forskellige trafik- og designvariable. Modellen er opstillet som en negativ binomialfordelt regressionsmodel med log-link funktion. Uheldsmodellen er baseret på flerpartsuheld i vigepligtsregulerede kryds hvor minimum én cykel er involveret. I Danmark baseres uheldsmodeller typisk på politiregistrerede uheld, hvor særligt lette trafikanter er underrapporteret, hvorfor de politiregistrerede uheld ikke bør stå alene i en uheldsmodel for cykler. De skadestureregistrerede uheld omfatter en større andel af uheld med lette trafikanter end det er tilfældet i de politiregistrerede uheld. På Fyn og i Aarhus er der igennem mange år foretaget en udvidet skadestureregistrering med stedfæstelse, som derfor kan benyttes i det stedbundne trafiksikkerhedsarbejde. I studiet benyttes det udvidede skadestureregister som et supplement til de politiregistrerede uheld. I uheldsmodellen indgår der i alt 144 kryds fra Aarhus og Odense. Med uheldsmodellen kan det forventede antal flerpartsuheld med cykler i vigepligtsregulerede kryds udregnes, og med Empirical Bayes metoden kan regressionseffekten estimeres og det estimerede antal uheld på en lokalitet kan dermed udregnes. Resultaterne viser at tilstedeværelsen af skillerabat og sekundærhelle medfører en øget uheldstæthed. Der er ligeledes fundet en negativ sammenhæng mellem uheldstæthed og kryds med længdefald på over 20 ‰ i tilfarten på primærvejen. Modellen forklarer 71,4 % af den systematiske variation i uheldsforekomsten, og det kan derfor ikke afvises, at resultaterne er påvirket af bias på baggrund af udeladte variable.

## Baggrund og formål

Uheldsmodeller er et værktøj, som bruges i forbindelse med det stedbundne trafiksikkerhedsarbejde til at beskrive sammenhænge mellem det forventede antal uheld på en lokalitet og forskellige trafik- og designvariable. I dette studie udarbejdes en faktormodel, som typisk anvendes til sortpletudpegning, vurdering af forventet uheldsbesparselse samt før-efter uheldsvurderinger.

I perioden 2017-2021 skete der i gennemsnit 3160 politiregistrerede personskader om året, hvoraf 27 % af personskaderne har været blandt cyklister (Vejdirektoratet, 2023). De fleste af uheldene sker i kryds i byerne med meget trafik, hvor cyklisterne er eksponeret for mange konfliktsituationer med øvrige trafikantgrupper. Det er velkendt at politiets officielle uheldsregister er forbundet med et stort mørketal, og at mørketallet er større for lette trafikanter end for bilister. Et alternativt uheldsregister er Landspatientregisteret, hvor trafikulykker fra akutmodtagelserne og skadestuerne på landets hospitaler registreres. Janstrup et al., (2016) har ved en sammenligning af uheldene ved Landspatientregisteret og

politiet fundet, at politiet blot har registreret 14-15 % af de alvorligt tilskadekomne og 6-7 % af de lette tilskadekomne cyklister, som er registreret ved Landspatientregisteret. Dette vidner om, at der sker langt flere personskader blandt cyklister end rapporteret i politiets uhedsregister.

Nøjagtigheden af uhedsmodeller afhænger blandt andet af mængden af uheld og lokaliteter der inkluderes i modellen. Der er derfor et stort potentiale i at inkludere skadestuedata i uhedsmodeller, da det øger mængden af uheld og dermed forklaringskraften af modellen. Landspatientregisteret har dog den ulempe, at uheldene ikke stedfæstes og dermed ikke kan benyttes i det stedbestede trafikikkerhedsarbejde. På Fyn og i Aarhus er der igennem mange år foretaget en udvidet skadestuerregistrering med stedfæstelse, som derfor kan benyttes i det stedbundne trafikikkerhedsarbejde. I studiet benyttes det udvidede skadestuerregister som et supplement til de politiregistrerede uheld.

Formålet med studiet er at finde eventuelle sammenhænge mellem flerpartsuheld der involverer minimum én cykel og forskellige trafik- og designvariable. Derudover undersøges det, hvorvidt det er muligt at benytte det udvidede skadestuerregister som supplement til de politiregistrerede uheld i en uhedsmodel i vigepligtsregulerede kryds i byer.

## Datagrundlag og metode

I forbindelse med udarbejdelsen af uhedsmodellen er der foretaget krydsudpegning, uhedsudtræk, trafikmængdeudtræk og trafiktællinger samt lavet registreringer af forskellige designforhold. Data er ligeledes benyttet til at udregne uhedsfrekvenser, for at undersøge betydningen af forskellige designforhold.

## Uheld

I uhedsmodellen indgår der flerpartsuheld der involverer minimum én cykel. Aarhus Kommune og Ulykkes Analyse Gruppen (UAG) på Odense Universitetshospital har leveret uhedsdata fra det udvidede skadestuerregister for henholdsvis Aarhus og Odense, mens de politiregistrerede uheld er udtrukket af Vejman. Fra Aarhus Kommune er der udleveret uhedsdata fra perioden 2014-2021 mens UAG har udleveret uhedsdata fra 2010-2015 og 2017- 2021. De lange uhedsperioder er valgt for at øge datamængden. I tilfælde hvor krydsene er blevet ombygget indenfor analyseperioden, er ombygningsåret fjernet fra datasættet, og krydset er opdelt i to observationer, henholdsvis før og efter ombygningen.

## Kryds

I uhedsmodellen indgår der i alt 144 kryds, hvoraf 91 af krydsene er i Aarhus og 53 er i Odense. Der har været ombygninger i fem af krydsene, hvorfor der indgår 149 observationer i uhedsmodellen. Da det har været prioriteret at cykeltrafikken skal indgå i modellen, er krydsene blevet udpeget på baggrund af strækninger hvor der har været foretaget cykeltrafiktællinger i perioden 2010-2022 fra Mastra.vd.dk. Alle vigepligtsregulerede kryds på disse strækninger er registreret, hvorefter krydsene er blevet tilfældigt udvalgt. I projektet har der været defineret følgende otte overordnede krydsløsninger som ønskes inkluderet i modellen:

- Ingen forhold for cykler
- Fremført cykelsti
- Afkortet cykelsti
- Blåt cykelfelt
- Overkørsel
- Hævet krydsflade
- Højresvingsbane på primærvej
- Venstresvingsbane på primærvej

Det har været prioriteret, at der minimum skal indgå ti kryds af hver overordnet krydsløsning i uhedsmodellen. For nogle af de overordnede krydsløsninger har det ikke været muligt at finde ti kryds ud

fra strækningerne med cykeltrafiktællinger. I disse tilfælde er de resterende kryds fundet ved en gennemgang af Aarhus ved hjælp af luftfoto. De forskellige designforhold i krydsene er registreret ved hjælp af luftfoto og Google Street View.

## Trafiktal

Som eksponering for trafikmængderne er ÅDT blevet benyttet. I modellen indgår motortrafikken på primærvejen og sekundærvejen mens cykeltrafikken kun indgår fra primærvejen. Da det har været en prioritet at inkludere cykeltrafikken som eksponering i uheldsmodellen, er der fundet kryds på baggrund af strækninger med cykeltællinger fra Mastra.vd.dk, da det tidsmæssigt ikke har været muligt at udføre tællinger i samtlige kryds. Der er ligeledes udtrukket trafiktal for motorkøretøjer på både primærvejen og sekundærvejen fra Mastra.vd.dk. Det har i alle kryds været muligt at finde trafiktællinger på primærvejen, mens der har været 68 kryds uden trafiktællinger på sekundærvejen. Hvor der ikke har været tilgængelige trafiktællinger, er der for motorkøretøjer estimeret trafikmængder ved hjælp af Vejdirektoratets turrater (57 kryds) eller ved trafiktællinger af 30 minutters varighed (11 kryds) (Vejdirektoratet, 2020). I kryds uden cykeltællinger (17) er der foretaget trafiktællinger af cykeltrafikken af 30 minutters varighed.

Trafikmængderne som er benyttet i uheldsmodellen, har været baseret på snittællinger på strækningerne og ikke krydstællinger, hvorfor tallene er behæftet med en vis usikkerhed. Derudover er trafiktællinger af 30 minutters varighed heller ikke præcise, men de giver et kvalificeret bud på trafikmængden.

## Modellering

Uheldsmodeller udarbejdes ved hjælp af regressionsanalyse, hvor uheldstætheden estimeres på baggrund af trafik- og designvariable. Modellen er en faktormodel, som er opstillet som negativt binomialfordelt med log-link funktion og er estimeret i programmet, Stata. Denne fordeling er valgt da uheldsdata er overspredte, hvilket vil sige, at variansen er større end middelværdien. Faktormodeller for kryds har typisk følgende form:

$$\text{UHT} = a \cdot N_{\text{pri}}^{P_1} \cdot N_{\text{sek}}^{P_2} \cdot \exp\left(\sum_{i=1}^n b_i \cdot x_i\right)$$

hvor UHT er uheldstætheden (uheld pr. år),  $N_{\text{pri}}$  og  $N_{\text{sek}}$  er indkørende ÅDT fra henholdsvis primærvejen og sekundærvejen, variablene  $x_i$  er designvariable der beskriver krydssets geometri mens  $a$ ,  $P_1$ ,  $P_2$  og  $b_i$  er konstanter. Uheldsmodellen er estimeret ud fra uheldstætheden i de enkelte kryds på baggrund af de rapporterede uheld.

Modellen er estimeret efter følgende fremgangsmåde:

1. Test af hvilke trafikvariable der er signifikante
2. Test af hvilke designvariable der er signifikante i modellen med trafikvariable
3. De signifikante designvariable inkluderes én efter én i modellen, startende med den mest signifikante, og det kontrolleres at alle variable forbliver signifikante

Modellen er estimeret med en konstant spredningsparameter. Parameterestimerne og spredningsparameteren beregnes og modellens forklaringskraft kontrolleres ved hjælp af Elvik's indeks,  $R_k^2$ :

$$\text{Andel af forklaret systematisk variation} = R_k^2 = 1 - \frac{k_{\text{model}}}{k_{\text{oprindelig}}}$$

hvor  $k_{\text{model}}$  er spredningsparameteren for den endelige model og  $k_{\text{oprindelig}}$  er spredningsparameteren for modellen uden trafik- og designvariable.  $k$  er et udtryk for hvor meget systematisk variation der findes i modellen.

## Resultater

Det er vigtigt at påpege at de fundne sammenhænge i modellen ikke er kausale årsag-virkningssammenhænge. Dette skyldes blandt andet, at der kan være manglende data i modellen, at uafhængige variable er endogene, eller at der er kraftig samvariation mellem uafhængige variable, som kan resultere i misvisende parameterestimater. Af tabel 1 fremgår de enkelte trin i modelleringsprocessen.

**Tabel 1 - Variable i uheldsmodellen for flerpartsuheld der inkluderer minimum én cykel i vigepligtsregulerede kryds i byer.**

Trin	Variabel	Navn for estimat	Wald $\chi^2$	AIC	Spredningsparameter, k	Elvik's indeks
0	-	a	-	549,4	1,892	0
1	LNÅDT <sub>sekundær-mktj</sub>	P <sub>1</sub>	23,7	518,7	1,376	0,273
2	LNÅDT <sub>primær-cykler</sub>	P <sub>2</sub>	33,5	514,6	1,255	0,337
3	LNÅDT <sub>primær-mktj</sub>	P <sub>3</sub>	36,8	514,5	1,210	0,360
4	Længdefald over 20 ‰	b <sub>1</sub>	54,9	501,1	0,861	0,545
5	Sekundærhelle	b <sub>2</sub>	101,5	489,4	0,587	0,690
6	Skillerabat	b <sub>3</sub>	166,4	486,2	0,541	0,714

De signifikante variable i modellen fremgår af tabel 1, hvor det ses at alle tre trafikvariable har vist sig at være statistisk signifikante. Udover de tre trafikvariable indgår der tre designvariable i modellen, som er *Længdefald over 20 ‰*, *Sekundærhelle* og *Skillerabat*. Variablene forklarer tilsammen 71,4 % af den systematiske variation i uheldsforekomsten af flerpartsuheld der involverer minimum én cykel.

Den mest betydningsfulde trafikvariabel er ÅDT for motorkøretøjer på sekundærvejen (LNÅDT<sub>sekundær-mktj</sub>), som kan forklare 27,3 % af den systematiske variation. Den mest betydningsfulde designvariabel er *Længdefald over 20 ‰*, med en forklaringskraft på 18,5 %. Længdefaldet er i T-kryds registreret fra den tilfart på primærvejen hvor sekundærvejen ligger til højre for primærvejen. I F-kryds er der registreret længdefald over 20 ‰ hvis primærvejen falder med mere end 20 ‰ fra bare en af de to tilfarter på primærvejen. Af tabel 2 fremgår parameterestimaterne for den fulde model med alle seks variable.

**Tabel 2 - Parameterestimater for uheldsmodellen for flerpartsuheld der inkluderer minimum én cykel i vigepligtsregulerede kryds i byer.**

Variabel	Kategori	Parameter-estimat	95 % konfidensinterval		P-værdi
			Nedre	Øvre	
Intercept (LN(a))	-	-9,408	-12,297	-6,519	0,000
LNÅDT <sub>sekundær-mktj</sub> (P <sub>1</sub> )	-	0,438	0,226	0,650	0,000
LNÅDT <sub>primær-cykler</sub> (P <sub>2</sub> )	-	0,275	0,018	0,533	0,036
LNÅDT <sub>primær-mktj</sub> (P <sub>3</sub> )	-	0,280	0,021	0,539	0,034
Længdefald over 20 ‰ (b <sub>1</sub> )	Ja	0,786	0,422	1,151	0,000
	Nej	0	-	-	-
Sekundærhelle (b <sub>2</sub> )	Ja	0,755	0,336	1,174	0,000
	Nej	0	-	-	-
Skillerabat (b <sub>3</sub> )	Ja	0,427	0,054	0,799	0,025
	Nej	0	-	-	-

Parameterestimaterne afslører at uheldstætheden er større i kryds hvor længdefaldet i tilfarten på primærvejen er over 20 ‰ end i kryds med længdefald på under 20 ‰, eller hvor vejen stiger frem mod krydset. Kryds med sekundærhelle og skillerabat har ligeledes en højere uheldstæthed end kryds uden disse designvariable.

## Diskussion

Et tidligere studie af Andersen og Lauritsen (2017) har vist, at det er muligt at opstille uheldsmodeller i åbent land på baggrund af en kombination politiregistrerede uheld og uheld fra det udvidede skadestuerregister, ligesom der også er tradition for dette i svenske uheldsmodeller. Resultaterne af dette studie viser ligeledes, at det er muligt at opstille en uheldsmodel for cykler i vigepligtsregulerede kryds i byer på baggrund af en kombination af politiregistrerede uheld og uheld fra det udvidede skadestuerregister.

På trods af den begrænsede mængde observationer, har det været muligt at opstille en uheldsmodel med seks uafhængige variable. Der er i modellen testet for fire forskellige trafikvariable, én områdevariabel samt 30 forskellige designvariable. Alligevel viste kun tre designvariable sig at være signifikante. At modellen er baseret på bare 149 observationer og 257 uheld medfører en række usikkerheder i estimaterne, da ekstreme lokaliteter får større indflydelse. Det kan ligeledes ikke afvises, at en større mængde observationer ville medføre, at flere uafhængige variable ville blive signifikante.

Modellen viste sig at kunne forklare 71,4 % af den systematiske variation. På trods af at der er testet for relativt mange trafik- og designvariable, kan det ligeledes ikke afvises, at der kan være manglende eller ufuldstændigt data i modellen, som ville kunne forklare den uforklarede del af den systematiske variation. Nogle af de testede uafhængige variable kan ligeledes have været endogene, hvilket vil sige at de er afhængige af uheldstæthed. Eksempelvis lokaliteter med særlige trafiksikkerhedsmæssige tiltag, som kan være etableret på baggrund af en i forvejen høj uheldstæthed.

## Referenceliste

**Vejdirektoratet, 2023.** Vejdirektoratet (2023). *Interaktiv årsstatistik*. Tilgængelig fra:

[https://sasviya.vd.dk/SASVisualAnalytics/?reportUri=%2Freports%2Freports%2Feb08a753-f404-4ef8-a308-58fb3f532ba7&sectionIndex=0&sso\\_guest=true&reportViewOnly=true&reportContextBar=false&sas-welcome=false](https://sasviya.vd.dk/SASVisualAnalytics/?reportUri=%2Freports%2Freports%2Feb08a753-f404-4ef8-a308-58fb3f532ba7&sectionIndex=0&sso_guest=true&reportViewOnly=true&reportContextBar=false&sas-welcome=false) (Besøgt: 22.03.2023)

**Vejdirektoratet, 2020.** Vejdirektoratet (2020). *Katalog Turrater – Anlæg og planlægning*. Tilgængelig fra:

<https://vejregler.dk/h/7e0fba84-06dd-483b-898a-c7b3e3affaa1/3e6eebc5ff8a4fb595f4af566e51b688?showExact=true> (Besøgt: 22:03:2023)

**Andersen og Lauritsen, 2017.** Andersen, C. S., Lauritsen, J. (2017), "Hvad kan skadestuerregistrerede trafikuheld bidrage med i åbent land?", *Trafikdage*, 24(1). Tilgængelig fra:

<https://doi.org/10.5278/ojs.td.v1i1.6018>

**Janstrup, et al., 2016.** Janstrup, K. H., Kaplan, S., Hels, T., Lauritsen, J., Prato, C. G. (2016), "Understanding traffic crash under-reporting: Linking police and medical records to individual and crash characteristics", *Traffic Injury Prevention*, 17(6), pp. 580-584. Tilgængelig fra:

<https://doi.org/10.1080/15389588.2015.1128533>