

---

## Sammendrag:

# Utvikling av ulykkesmodeller for ulykker på riks- og fylkesvegnettet i Norge

TØI rapport 1323/2014  
Forfatter: Alena Høye  
Oslo 2014 45 sider

---

*Ulykkesmodeller er utviklet for riks- og fylkesvegnettet i Norge for å beregne normale antall personskadeulykker, lett skadde, hardt skadde, drepte og samlet antall drepte eller hardt skadde som en funksjon av trafikkmengde, strekningslengde, vegtype, fartsgrense, antall kjørefelt, antall kryss og andre vegegenskaper. Den valgte modellformen (negative binomialmodeller med variabel overspredningsparameter) gjør det mulig å benytte resultatene bl.a. i evalueringer av trafikksikkerhetstiltak med den empiriske Bayes metoden som i dag anses som den beste for å redusere risikoen for å systematisk overestimere virkninger av trafikksikkerhetstiltak i før-etter studier. Resultatene kan også brukes i ulike verktøy som brukes av Statens vegvesen for å gjøre analyser av ulykkesituasjonen i vegnettet og for å beregne forventede virkninger av trafikksikkerhetstiltak.*

Ulykkesmodellene som er utviklet på oppdrag av Vegdirektoratet er beregnet med ulykkesdata fra den nasjonale vegdatabanken (NVDB) fra 2006-2011. Rapporten bygger på tidligere rapporter om utvikling av ulykkesmodeller for det norske vegnettet (Ragnøy, Christensen & Elvik, 2002; Ragnøy & Elvik, 2003). Modellene som er utviklet i den aktuelle rapporten bygger på mer aktuelle ulykkesdata og en videreutvikling av modellene og metodene som er brukt av Ragnøy et al. (2002). Modellutviklingen er også beskrevet i et arbeidsdokument (Høye, 2013).

Modellene kan brukes for å beregne normale antall personskadeulykker (PSU), lett skadde (LS), hardt skadde (HS), drepte (D) og det samlede antall drepte eller hardt skadde (D/HS) på riks- og fylkesvegnettet. Normale ulykkestall beregnes som en funksjon av bl.a. trafikkmengde og ulike vegegenskaper. Et normalt ulykkestall er antall ulykker som skjer i gjennomsnitt på en veg av en gitt lengde med en gitt trafikkmengde og gitte vegegenskaper. Modellformen som er benyttet (negative binomialmodeller med variabel overspredningsparameter) gjør det også mulig å beregne forventede ulykkestall som en funksjon av normale ulykkestall, registrerte ulykkestall og overspredningsparameteren. Forventede ulykkestall er antall ulykker som man på lang sikt forventer at vil skje på en vegstrekning, ut fra generelle vegegenskaper og ulykkene som har skjedd på strekningen.

Overspredningsparameteren brukes for å vekte sammen normale og registrerte ulykkestall. Overspredningsparameteren varierer som en funksjon av trafikkmengde og strekningslengde, slik at registrerte ulykkestall får en større vekt på vegstrekninger med store normale ulykkestall.

Når man beregner det forventede antall ulykker på en strekning med unormalt mange ulykker antar man at resultatet viser hvor mange ulykker man kan forvente på strekningen på lang sikt. Man tar dermed hensyn til at antall ulykker kan ha vært tilfeldig høyt og at antall ulykker på langt sikt mest sannsynlig vil ligge nærmere det normale ulykkestallet. Ved å benytte forventede ulykkestall, istedenfor registrerte ulykkestall, kan man i en før-etter studie unngå å overestimere virkningen av trafikksikkerhetstiltak. Tiltak settes ofte inn på vegstrekninger hvor det har vært spesielt mange ulykker og derfor vil antall ulykker i mange tilfeller gå ned (komme nærmere gjennomsnittet) uansett om man setter inn et tiltak eller ikke.

## Modell og prediktorvariabler

*Modellformen* som er brukt for alle skadegrader er en negativ binomialmodell (NB modeller) med variabel overspredningsparameter. Modellformen er følgende:

$$E(n) = e^{\sum_i \text{Prediktor}_i * \text{Koeff}_i}$$

$E(n)$  er det predikerte (normale) ulykkestall (dvs. antall PSU, LS, HS, D eller D/HS), prediktorene er trafikkmengden og ulike vegegenskaper,  $i$  er subskript for prediktorene. I tillegg inneholder modellen prediktorer og koeffisienter for overspredningsparameteren.

Fordelen med denne modellformen er at den tar hensyn til overspredningen i ulykkesdata og at overspredningen varierer som en funksjon av trafikkmengde, segmentlengde og antall år. Dermed er det mulig å benytte resultatene bl.a. i evalueringer av trafikksikkerhetstiltak med den empiriske Bayes (EB) metoden. Denne anses i dag som den beste for å redusere risikoen for å systematisk overestimere virkninger av trafikksikkerhetstiltak i før-etter studier. I en EB studie sammenligner man det registrerte ulykkestallet etter at et tiltak er satt inn på en veg med det forventede ulykkestallet. Det forventede ulykkestallet beregnes ved å vekte sammen det registrerte ulykkestall og det normale ulykkestall. Det normale ulykkestall er antall ulykker som er predikert av modellen, dvs. det gjennomsnittlige antall ulykker på en vegstrekning med de gitte vegegenskapene. Vekten er en funksjon av overspredningsparameteren og det normale antall ulykker. Det forventede antall ulykker ligger alltid mellom det normale og det registrerte antall.

*Prediktorvariablene* i modellene for alle skadegrader er følgende:

- **Segmentlengde og antall år:** Segmentlengde og antall år inngår i alle modellene som eksponeringsvariabler, slik at det normale antall ulykker alltid øker proporsjonalt med segmentlengde og antall år (koeffisientene for  $\ln(\text{segmentlengde} * \text{antall år})$  er satt lik 1). Antall år er prediktor fordi det ikke foreligger data fra alle år for alle segmentene; segmenter med vesentlige endringer (som for eksempel endringer av fartsgrensen) inngår kun med ulykkesdata fra etter endringen i datafilen som ligger til grunn for modellberegningene.
- **Trafikkmengde:  $\ln(\hat{ADT})$  og  $\ln(\hat{ADT})^2$ .** Trafikkmengden inngår i modellene som  $\ln(\hat{ADT})$  og  $\ln(\hat{ADT})^2$ . Dermed øker normale ulykkestall med økende trafikkmengde, men økningen blir stadig svakere ved høyere trafikkmengde.

- **Fartsgrense: Dummyvariabler.** For hver fartsgrense er det definert en dummyvariabel som er én ved den respektive fartsgrensen og null ellers. Dummyvariabler er valgt framfor en tallvariabel for å ta hensyn til generelle forskjeller mellom veger med ulike fartsgrenser som gjør at antall ulykker kan gå opp og ned mellom ulike fartsgrenser.
- **Antall kjørefelt: Dummyvariabler.** For antall kjørefelt er det definert dummyvariabler på samme måte og av de samme grunnene som beskrevet for fartsgrense. Segmenter med kun ett kjørefelt er utelatt fra datasettet fordi dette er en liten og svært heterogen gruppe av helt ulike typer veger og dermed ikke noen meningsfylt kategori.
- **Plankryss, rundkjøringer og ramper (planskilte kryss):  $\text{Ln}(\text{antall} + 1)$ .** For X-kryss, T-kryss, rundkjøringer, av-ramper, på-ramper og uspesifiserte ramper er det beregnet variabler som er den naturlige logaritmen av antallet kryss/rundkjøringer/ramper pluss én (pluss én for å unngå å ta logaritmen av null). Dette har vist seg å gi mer logiske resultater enn andre typer variabler (f.eks. uttransformert eller kvadrert). X-kryss er firearmede plankryss, T-kryss er trearmede plankryss (det skilles ikke mellom ulike typer kryssregulering), rundkjøringer omfatter alle typer rundkjøringer, av- og påramper er ramper til og fra hovedveger med planskilte kryss, og uspesifiserte ramper er ramper hvor det i datafilen ikke er spesifisert om det handler om av- eller på-ramper (uspesifiserte ramper vil ikke være relevante for brukere av modellen, men måtte likevel være med i modellene).
- **Kurver:  $\text{Ln}(\text{antall kurver} + 1)$ , delt opp etter fartsgrense:** Hver del av vegstrekningen på 50 m lengde med kurveradius under 300 m regnes som én kurve. Kurvevariabelen i modellene er den naturlige logaritmen av antallet slike kurver pluss 1. Det er også gjort forsøk med en lignende kurvevariabel (deler av vegstrekningen på 30 m lengde med en kurveradius på under 200 m), men resultatene virket litt mindre logiske. Kurvevariablene sier lite om veggeometrien fordi det ikke er tatt hensyn til retningsendringer; en strekning med syv "kurver" etter denne definisjonen kan ha alt fra én langstrakt kurve til syv korte krappe kurver med til sammen åtte retningsendringer. For å ta hensyn til at kurver kan ha ulik sammenheng med antall ulykker / skader er kurvevariabelen delt opp etter fartsgrense. Forsøk med å skille mellom enslige kurver og kurver på kurverike strekninger (enslige kurver har som regel høyere risiko enn kurver som har flere andre kurver i nærheten) ga ikke meningsfulle resultater, trolig fordi kurvevariablene ikke tar hensyn til retningsendringer.

- **Stigninger:  $\ln(\text{antall stigninger} + 1)$ , delvis delt opp etter fartsgrense:** Hver del av vegstrekningen på 200 m lengde med en stigning på minst 4% regnes som 1 stigning. Stigningsvariabelen i modellene er den naturlige logaritmen av antallet slike stigninger pluss 1. Det er også gjort forsøk med en lignende stigningsvariabel (deler av vegstrekningen på 200 m lengde med en stigning på minst 2%), men resultatene virket litt mindre logiske. Problemene med stigningsvariabelene er de samme som med kurvevariabelen, det er ikke tatt hensyn til retningsendringer (høy-/lavbrekk). For å ta hensyn til at stigninger kan ha ulik sammenheng med antall ulykker / skader er stigningsvariabelen delt opp etter fartsgrense i modellene for PSU og LS. I modellene for HS og D er en slik inndeling ikke gjort fordi det er for få HS / D på segmenter med stigninger og spesifikke fartsgrenser og det er derfor kun brukt én stigningsvariabel i disse modellene.
- **Vegklasser: Fem dummyvariabler.** Det er definert fem dummyvariabler for ulike vegklasser: 1 = motorveg; 2 = tofeltsveg med planskilte kryss (tidligere betegnet som motortrafikkveg); 3 = TEN-T-veg (ikke motorveg / tofeltsveg med planskilte kryss); 4 = øvrig europa-/riksveg (ikke motorveg / tofeltsveg med planskilte kryss / TEN-T-veg); 5 = fylkesveg. Disse vegklassene er valgt fordi det finnes generelle forskjeller i vegstandarden (bl.a. kjørefelt- og skulderbredde) mellom klassene; f.eks. har alle motorveger midtrekkverk og TEN-T-veger har generelt en noe høyere standard enn øvrige europa- og riksveger. Det er også gjort forsøk med en inndeling av de enkelte vegklassene i veger med og uten midtdeler / midtrekkverk. Dette ga til sammen 11 vegtyper. Modeller med de 11 vegtypene har delvis vist seg å være noe bedre enn modellene med de 5 vegklassene, forskjellene er imidlertid små og ikke helt konsistente for ulike skadegrader og indikatorer for goodness of fit. De 5 vegklassene er valgt som prediktorer (istedenfor de 11 vegtypene) fordi resultatene er mer oversiktlige og lettere å tolke.
- **Midtdeler / -rekkverk: Fire dummyvariabler for veger med / uten midtdeler / midtrekkverk.** Alle segmentene er delt inn i segmenter med både midtdeler og midtrekkverk, segmenter med midtdeler og uten midtrekkverk, segmenter med midtrekkverk og uten midtdeler, og segmenter uten verken midtdeler eller midtrekkverk. For hver av de fire gruppene er det definert én dummyvariabel. Det er ikke definert to separate dummyvariabler (én for med/uten midtdeler og én for med/uten midtrekkverk) fordi det kan være interaksjonseffekter mellom midtdeler og midtrekkverk, dvs. at virkningen av midtrekkverk kan være forskjellig på veger med og uten midtdeler og at virkningen av midtdeler kan være forskjellig på veger med og uten midtrekkverk.
- **Forsterket midtoppmerking: To dummyvariabler for bred og smal forsterket midtoppmerking.** Forsterket midtoppmerking er kombinasjonen av vanlig oppmerking med rumleriller. Hvis hele midtoppmerkingen (inkludert rumleriller) er 1 m bred eller bredere, kalles det i NVDB-datafilen "midtfelt", mens smalere forsterket midtoppmerking går under betegnelsen "midtrill".
- **Fylke: Dummyvariabler.** For hvert fylke er det definert én dummyvariabel. Disse skal fange opp generelle forskjeller mellom fylkene (f.eks. forskjeller i topografi, vær og befolkningstetthet).
- **Konstantterm:** Alle modellene inneholder en konstantterm.

For hver av modellene er det i tillegg estimert koeffisienter for å beregne **overspredningsparameteren** som en funksjon av segmentlengde, antall år og trafikkmengde. Overspredningen synker med økende segmentlengde, antall år og trafikkmengde.

## Hvor gode er modellene?

Det er beregnet flere ulike goodness-of-fit (GOF) indikatorer. Når man ser på andelen av variansen i de registrerte antall som er forklart av modellene, er den endelige modellen for PSU den beste, mens modellene for HS og D er forholdsvis svake. Når man sammenligner ulike modeller (med ulike prediktorer) viser GOF indikatorene kun svært små forskjeller mellom ulike modellvarianter for hver skadegrad. De eneste modellene som skiller seg ut er modellene med kun  $\ln(\text{ÅDT})$  som prediktor som er klart dårligere enn modellene med øvrige prediktorer. Blant disse er modellen med  $\ln(\text{ÅDT})$  som eneste trafikkmengde-prediktor noe dårlige enn modellene med flere trafikkmengde-prediktorer for alle skadegrader. Testberegninger som er gjort for å finne de beste variabeldefinisjonene for enkelte prediktorer har også vist at modellenes GOF nesten ikke påvirkes av hvordan man definerer enkelte prediktorer eller om enkelte prediktorer er med eller ikke. Dette betyr i praksis at modellene ikke vil endre seg i stor grad hvis man endrer eller utelater enkelte prediktorer (for predikerte ulykkes-/skadetall på enkelte segmenter eller vegstrekninger kan det likevel ha betydning hvilke variabler som er med i modellen).

Det er to problemer med modellresultatene som det ikke er funnet noen løsning på:

- Det første problemet er at modellen for LS predikerer alt for mange LS (2,45% flere enn det faktiske antallet i hele datafilen; avviket er størst ved  $\text{ÅDT}$  over ca. 3000). Mulige forklaringer er: A) at det finnes relevante prediktorvariabler som ikke er inkludert i modellen (for eksempel forholdet mellom kapasitet og trafikkmengde); B) at antall LS i større grad er underrapportert på veger med høy trafikkmengde enn på andre veger og C) at segmenter med høy  $\text{ÅDT}$  i gjennomsnitt er representert med data fra færre år slik at usikkerheten (og dermed avvikene) her er større enn på segmenter med lavere  $\text{ÅDT}$ .
- Det andre problemet er at variansen i de predikerte antallene HS og D er mindre enn gjennomsnittet, noe som pleier å være omvendt. Forklaringen er trolig at det finnes svært mange segmenter med null HS og D.

For øvrig ser modellene generelt logiske ut i den forstand at de aller fleste koeffisientene har omtrent forventet størrelse og fortegn. Det er kun noen enkelte koeffisienter i modellene for HS og D som er justert manuelt i regnearket fordi koeffisientene var absurd store, noe som trolig skyldes små antall HS og D i segmenter med de respektive variablene.

Avvikene mellom de faktiske og predikerte antallene er forholdsvis små og kun i liten grad systematisk forskjellig fra null når man ser på antall drepte / skadde per kilometer per år på lengre sammenhengende strekninger. Dette gjelder både LS og D/HS. Kun ved  $\text{ÅDT}$  over omtrent 10 000 ser man at de gjennomsnittlige predikerte antallene LS er noe høyere enn de faktiske, men heller ikke her er avvikene dramatisk store.

## **Regneark Ulykkesmodeller**

I vedlagte regneark Ulykkesmodeller.xlsx kan man beregne:

- Predikerte (normale) antall PSU, LS, HS og D som en funksjon av de prediktorvariablene som er beskrevet ovenfor
- En overspredningsparameter for hver skadegrad
- En vekt for hver skadegrad som kan brukes til å beregne forventede ulykkes/-skadetall
- Hvis man i tillegg oppgir registrerte ulykkes- og skadetall, beregnes også forventede antall PSU, LS, HS og D.

Det er også mulig å omregne resultater til år mellom 1997 og 2020.