Denne artikel er publiceret i det elektroniske tidsskrift
Artikler fra Trafikdage på Aalborg Universitet
(Proceedings from the Annual Transport Conference at Aalborg University)
ISSN 1603-9696
www.trafikdage.dk/artikelarkiv

Ny metode for beregning av effekten av fartsreduserende tiltak – eksempel SATK

Svenn Fjeld Olsen, svenn.olsen@vegvesen.no
Statens vegvesen, Vegdirektoratet

Abstrakt

Vi studerer effekten fartsendringer har på personskadeulykker. Den velkjente Powermodellen [3] sier at en gitt prosentuell nedgang i gjennomsnittsfart gir en bestemt forventet prosentuell nedgang i ulykker, uavhengig av hva initial gjennomsnittsfart er.

I en helt ny artikkel [1] viser Elvik basert på alle tilgjengelige undersøkelser at en eksponentialmodell passer minst like bra som Powermodellen. Eksponentialmodellen viser seg å ha en helt annen egenskap, like enkel å formulere, nemlig at en gitt *nominell* nedgang i gjennomsnittsfart gir en bestemt forventet prosentuell nedgang i ulykker uavhengig av hva initial gjennomsnittsfart er.

I denne artikkelen bruker vi konsekvent relativ risiko i forhold til fartsgrensen, eksemplifisert til 80 km/t. Alle beregninger av risiko *innen* en fartsfordeling og *mellom* fartsfordelinger før og etter fartsreduserende tiltak vil være allmenngyldige. Ved bruk av eksponentialmodellen vil den totale relative risikoen i en fartsfordeling med gjennomsnitt $\bar{x}$ være $eksp[0{,}034(\bar{x}-80)]$. For et vilkårlig fartsintervall med gjennomsnittsfart $\bar{x}_j$ er den relative risikoen, R_j , lik $eksp[0{,}034(\bar{x}_j-80)]$. Vi viser at det *multiplikative* risikobidraget fra intervallet er $R_j^{n_j/N}$, der n_j er antall målinger i intervallet, N er totalt antall målinger og n_j/N dermed er *andel* målinger i intervallet. Det vil si at når vi deler opp skalaen i M ikke-overlappende og tilstøtende intervall så har vi den svært anvendelige sammenhengen

$$Total\ relativ\ risiko = R_1^{n_1/N} \cdot R_2^{n_2/N} \cdots R_M^{n_M/N}$$

Den totale relative risikoen er produktet av et risikobidrag fra hvert intervall, hvor risikobidraget er den relative risikoen til intervallet vektet ved å opphøye i andel målinger i intervallet. Ettersom Powermodellen ikke har slike multiplikative egenskaper, har ikke denne faktoriseringen vært mulig.

Dette gir oss nøyaktig informasjon om «risikoprofil» i fartsfordelinger, hva risikobidraget er blant de som kjører mellom 80 og 90 km/t, blant de over 100 km/t og så videre. Vi kan også studere bidraget fra det som defineres som ekstremhastigheter.

Videre gir oppspaltingen i risikobidrag et bedre grunnlag for å etablere kriterier for når fartsreduserende tiltak skal iverksettes. Det gir oss også bedre muligheter til å beregne effekten av ulike innslagspunkt for sanksjoner. Hva er for eksempel effekten av å sanksjonere kun de som kjører 20 km/t over fartsgrensen.

Endelig gir det oss mer informasjon om hva som skjer med risikoen fra *før* til *etter* at fartsreduserende tiltak iverksettes. Eksempler fra streknings ATK i Norge gås gjennom.

---

1 Innledning

Vi ser på to ulike modeller som estimerer ulykkereduksjon som følge av fartsreduksjon. Den ene modellen er den etablerte powermodellen [2] og [3], mens den andre er den helt ferske eksponentialmodellen introdusert av Rune Elvik, TØI [1]. Powermodellen sier at en gitt prosentuell nedgang i gjennomsnittsfart gir samme prosentuelle ulykkereduksjon uansett hva fartsnivået er. Eksponentialmodellen viser seg å ha en litt annen egenskap, like enkel å formulere, nemlig at en gitt *nominell* nedgang i gjennomsnittsfart gir samme prosentvise ulykke- og risikoreduksjon uansett hva fartsnivået er.

Deretter ser vi på forskjeller i risiko *innen* en fartsfordeling. For å få til det må vi ha et ankerpunkt, det punktet vi beregner relativ risiko i forhold til. Det mest naturlige er å bruke fartsgrensen. Uten tap av generalitet bruker vi i denne artikkelen en fartsgrense på 80 km/t. Relativ risiko til 80 km/t settes lik 1. Enhver hastighet over fartsgrensen har da en relativ risiko større enn 1, og det er disse hastighetene vi ønsker å påvirke ved fartsreduserende tiltak.

Eksponentialmodellen har helt spesielle matematiske egenskaper. Disse egenskapene gjør oss i stand til på en konsistent måte å spalte opp den relativ risikoen i en fartsfordeling i multiplikative bidrag fra enhver ønsket oppdeling i intervaller (i prinsippet ned til hvert enkeltkjøretøy).

Hvis vi som eksempel deler opp hastigheter over fartsgrensen i tre intervaller, vil det ved bruk av eksponentialmodellen for relativ risiko, i enhver fartsfordeling gjelde at:

AMF(over 80) = AMF(<80,90])*AMF(<90,100]*AMF(over 100) samt at
AMF(hele fordelingen) = AMF(mindre enn eller lik 80)*AMF(over 80)

Her står AMF() for bidraget til total relativ risiko fra det aktuelle intervallet, og den multiplikative egenskapen er essensiell. AMF for et intervall er videre den relative risikoen til intervallet vektet ved å opphøye i andel kjøretøy i intervallet. Powermodellen har ikke slike egenskaper, derfor har ikke denne oppspaltingen vært mulig tidligere.

En slik «risikoprofil», så detaljert vi ønsker, gir oss all den informasjon om relativ risiko vi trenger når vi vurderer å innføre, eller allerede har innført, fartsreduserende tiltak på en vegstrekning. Tidligere har kun gjennomsnittsfarten vært brukt til å estimere ulykkereduksjon. Kriterier for å iverksette tiltak har dermed også vært begrenset til gjennomsnittsfart. Om gjennomsnittsfarten i to datasett er like, kan likevel fartsfordelingene være ganske forskjellige. Fortsatt vil den totale ulykke- eller risikoreduksjonen estimeres gjennom reduksjonen i gjennomsnittsfart, men vi kan nå adressere bidrag til relativ risiko fra hvert intervall vi ønsker å se på i fartsfordelingen. Hva er f.eks. bidraget til risiko fra andelen kjøretøy med hastigheter over 100 km/t? Risikoberegningene gir oss også muligheten til å studere betydningen av ekstremhastigheter. Videre er det mulig å beregne effekten av forskjellige innslagspunkt for sanksjoner. Risikoprofilene gir oss detaljert kunnskap om risiko knyttet til en fartsfordeling og hva som skjer med risikoen fra *før* til *etter* fartsreduserende tiltak.

Vi begrenser oss til å se på personskadeulykker, selv om det i [1] vises at eksponentialmodellen også ser ut til å passe bra for blant annet dødsulykker.

2 Ulykkereduksjon som følge av reduksjon i gjennomsnittsfart

Bakgrunnen er at vi vurderer å innføre et tiltak for å redusere fartsnivået over en strekning. Vi ønsker å beregne hvilken ulykkereduksjon vi kan forvente ved en gitt reduksjon i gjennomsnittsfart. Vi kan bruke den etablerte powermodellen, men vi vil i denne artikkelen ta for oss en ny modell, eksponentialmodellen. I en helt fersk artikkel [1] viser Rune Elvik, TØI, at denne modellen passer minst like godt til de empiriske data fra flere hundre undersøkelser. Den størrelsen som interesserer oss er forventet prosentvis reduksjon i antall ulykker, eller ekvivalent forventningen til forholdet

$$\text{ulykker}_{\text{etter}}/\text{ulykker}_{\text{før}}$$ [1]

Ofte omtales ulykkereduksjon som risikoreduksjon, og forholdstallet som relativ risiko mellom *etter* og *før*. Blir forholdstallet estimert til f.eks. 0,85, er risikoen og antall ulykker i ettersituasjonen 85 prosent av førsituasjonen og ulykke- og risikoreduksjon er 15 prosent.

2.1 Powermodellen

Dette er den etablerte modellen som har vært anvendt i mange år. Ulykkereduksjonen avhenger av gjennomsnittsfartene *før* og *etter* på denne måten:

$$\text{ulykker}_{\text{etter}}/\text{ulykker}_{\text{før}} = (\text{fart}_{\text{etter}}/\text{fart}_{\text{før}})^{\text{eksponent}}$$

I Elviks artikkel [1], hvor en powermodell sammenlignes med en eksponentialmodell over hele spekteret av initialhastigheter, så passer en eksponent på 2,059 best med dataene. Hvis for eksempel gjennomsnittsfarten reduseres fra 80 km/t til 72 km/t blir $\text{ulykker}_{\text{etter}}/\text{ulykker}_{\text{før}} = 0{,}9^{2{,}059} = 0{,}805$ og det gir en ulykkereduksjon på (1-0,805)*100 = 19,5 prosent. Hvis farten endrer seg fra 100 til 90 km/t får vi også $0{,}9^{2{,}059}$ og samme ulykkereduksjon på 19,5 prosent. Vi ser at en 10% nedgang i fart gir 19,5 % nedgang i ulykker.

Modellen sier at en gitt prosentuell nedgang i fart gir samme prosentvise nedgang i ulykker uansett hva det faktiske fartsnivået er.

2.2 Eksponentialmodellen

I artikkelen fra 2012 [1] viser Elvik basert på de hundrevis av undersøkelser som er gjort på fartsendring og ulykkeendring, at en eksponentiell modell synes å passe enda bedre enn powermodellen. Han har data med initialfarter over et stort spekter, fra 35 km/t til 115 km/t. Modellen han kommer frem til for relativ risiko er

$$F(x) = 1{,}916 * \text{eksp}(0{,}034 * x) \qquad \text{hvor eksp}(0{,}034x) \text{ betyr } e^{0{,}034x} \text{ og } e = 2{,}718^{\cdots} \text{ (Eulertallet)}$$

på den måten at $F(x_{\text{etter}})/ F(x_{\text{før}})$ er relativ risiko mellom de to gjennomsnittsfartene $x_{\text{før}}$ og x_{etter}. (Faktoren 1,916 er en konstant som følger av at relativ risiko i analysen er satt til 100 for maksimal initial hastighet). Dermed sier modellen at

$$\text{ulykker}_{\text{etter}}/\text{ulykker}_{\text{før}} = 1{,}916 * \text{eksp}(0{,}034 * \text{fart}_{\text{etter}})/1{,}916 * \text{eksp}(0{,}034 * \text{fart}_{\text{før}})$$

$$= \text{eksp}[0{,}034 * (\text{fart}_{\text{etter}} - \text{fart}_{\text{før}})] \qquad \text{eller}$$

[1] Alle steder i artikkelen hvor dette uttrykket står, er det underforstått snakk om forventningsverdien.

$$= \text{eksp}[-0{,}034*(\text{fart}_{før} – \text{fart}_{etter})]$$

Som vi ser er det her ikke snakk om en prosentuell nedgang i fart, men en nominell nedgang. Ettersom

$\text{eksp}(-0{,}034) = 0{,}9666$ og $\text{eksp}(a*b) = [\text{eksp}(a)]^b$ så kan vi skrive

$$\text{ulykker}_{etter}/\text{ulykker}_{før} = 0{,}9666^{\text{fartsdifferansen}}$$

Her fungerer 0,9666 som «vekstfaktor» for ulykkereduksjon for en hvilken som helst nominell fartsreduksjon. Går farten ned med 1 km/t så blir $\text{ulykker}_{etter} = 0{,}9666^1 *\text{ulykker}_{før}$. Ulykkereduksjon i prosent blir da $(1-0{,}9666^1)*100 = 3{,}34$ prosent for 1 km/t nedgang i fart.

En fartsreduksjon på for eksempel 10 km/t gir en ulykkereduksjon på

$$(1 – 0{,}9666^{10})*100 = 28{,}8 \text{ prosent}$$

Legg merke til at vi får en ulykkereduksjonen på 28,8 prosent uansett hvor fartsreduksjonen på 10 km/t finner sted, altså om vi går fra 100 km/t til 90 km/t eller vi går fra 80 km/t til 70 km/t.

Modellen sier at en gitt nominell nedgang i fart gir samme prosentvise nedgang i ulykker uansett hva det faktiske fartsnivået er.

Kommentar. Generelt er forventet ulykkereduksjonen en funksjon av fartene før og etter:

$$\text{ulykker}_{etter}/\text{ulykker}_{før} = g(\text{fart}_{før} , \text{fart}_{etter})$$

Vi har sett at for verken Powermodellen eller eksponentialmodellen har det absolutte fartsnivået noen betydning. Skjønt for Powermodellen har man ulike eksponenter for *rural* og *urban*. Hauer og Bonneson (2006) forslår en modell med to parametere og som faktisk er avhengig av initial hastighet. I tillegg til fartsdifferansen, som eksponentialmodellen bruker, har de også med en faktor som avhenger av differansen mellom kvadrert fart [4]. Modellen er kritisert i [1].

Ettersom Powermodellen har vært enerådende, har det blitt vanlig å betrakte fartsendring som *prosentuell*. Hvis vi bruker det som *variabel*, så kan man si at si at eksponentialmodellen er avhengig av initial hastighet. En 10 km/t fartsreduksjon fra 120 km/t utgjør en mindre prosentuell reduksjon enn en 10 km/t fartsreduksjon fra 80 km/t. Derfor vil en gitt prosentuell fartsreduksjon ha større virkning jo høyere initial fart, i motsetning til Powermodellen hvor virkningen er konstant. Men som sagt så er ingen av modellene direkte avhengig av initial fart, de er avhengige av enten forholdet eller differansen mellom fart_{etter} og $\text{fart}_{før}$.

3 Relativ risiko for ulike hastigheter

Som nevnt i innledningen ønsker vi å studere risikoforskjeller innen en fartsfordeling. Relativ risiko må være definert i forhold til noe, og vi velger ankerpunktet til å være fartsgrensen. For å regne på risiko må vi ha en konkret fartsgrense, og vi eksemplifiserer i denne artikkelen ved å bruke 80 km/t. Som referansepunkt setter vi derfor risikoen ved å kjøre i 80 km/t til å være 1. Hastigheter over fartsgrensen har relativ risiko høyere enn 1 og stigende. Det er disse hastighetene vi ønsker å påvirke gjennom fartsreduserende tiltak. I en situasjon med en annen fartsgrense, bytter man bare ut 80 km/t med den aktuelle fartsgrensen i utregning og formler som vises i det etterfølgende. Hvis det er slik at man faktisk studerer effekten av en reduksjon i selve fartsgrensen, er det naturlig å bruke fartsgrensen i ettersituasjonen som ankerpunkt.

Begge modellene er ment for (og beregnet ut fra) endringer av gjennomsnittsfart. Vi tenker å anvende dem på ulike fartsintervall, i prinsippet ned til enkeltkjøretøy, ikke bare hele fartsfordelingen under ett. Videre er det vel strengt tatt ikke foretatt analyser av fartsreduksjoner med svært høye initialfarter. Vi velger likevel å holde på modellene også når hastighetene er høyere enn 120 km/t. Uansett er det ganske opplagt at et kjøretøy i 150 km/t har en langt høyere risiko for ulykke enn et kjøretøy i 120 km/t, og at risikoen øker hele tiden. Vi vil bruke modellene til å undersøke nivået på slike risikoforskjeller.

Begge modellene lar seg like enkelt bruke til fartsøkning som til fartsreduksjon. Med powermodellen er ulykkeeffekten ved å gå fra 81 km/t til 80 km/t gitt ved

$$(80/81)^{2,059} = 0,9747$$

Og fra 80 km/t til 81 km/t:

$$(81/80)^{2,059} = 1/(80/81)^{2,059} = 1/0,9747 = 1,0259$$

På denne måten kan vi beregne relativ risiko i forhold til 80 km/t for en hvilken som helst hastighet. **Hastighet y gir relativ risiko på $(y/80)^{2,059}$.**

Med eksponentialmodellen blir ulykkeeffekten ved reduksjon fra 81 km/t til 80 km/t

$$\text{eksp}(-0,034*1) = 0,9666^{1} = 0,9666$$

Omvendt vei, fartsøkning fra 80 km/t til 81 km/t

$$\text{eksp}(0,034*1) = 1/\text{eksp}(-0,034*1) = 1/0,9666 = 1,0346$$

For eksponentialmodellen gjelder 3,46 prosent ulykkesøkning per km/t fartsøkning konstant overalt. **Hastighet y gir relativ risiko på eksp(0,034*(y – 80)).** Her er en tabell for å illustrere virkningen.

Hastighet	**Relativ risiko i forhold til en hastighet på 80 km/t**	
Km/t	Powermodell (α=2,059)	Eksponentialmodell (β=0,034)
80	1	1
90	1,274	1,405
100	1,583	1,974
110	1,926	2,774
120	2,304	3,899
130	2,717	5,478
140	3,165	7,697
150	3,648	10,816

Som vi ser blir risikoøkningen i eksponentialmodellen etter hvert mye større enn i powermodellen. Vi må huske på at begge modeller er beregnet for å gjelde over hele spekteret av hastigheter. Eksponentialmodellen passer svært godt, til tross for at den bare har en parameter. Powermodellen har også bare en parameter, men i Elviks studie [1] viser det seg et markant skille for hastigheter under og over 80 km/t. Som det tidligere har vært påvist, burde man ha ulike powereksponenter for *urban* og *rural*. Powereksponenten 2,059 er på en måte et gjennomsnitt som hverken passer særlig bra for hastigheter under 80 km/t heller hastigheter over 80 km/t. Hadde vi estimert en powereksponent kun for hastigheter over 80 km/t, ville nok den eksponenten vært på godt og vel 3,0. Risikoøkning i powermodellen ville da ha holdt noenlunde tritt med økningen i eksponentialmodellen opp til nærmere 120 km/t. Når det er sagt, så er det ingen annen modell som øker så sterkt som eksponentialmodellen, bare vi kommer opp i tilstrekkelig høye hastigheter.

Etter å ha gått gjennom teori om eksponentialmodellen i neste kapittel, kan vi studere relativ risiko innen *fartsfordelinger*, og mellom fartsfordelinger før og etter fartsreduserende tiltak.

4 Teori – multiplikative risikobidrag i en fartsfordeling

4.1 Empirisk fartsfordeling

Vi ser på relativ risiko i forhold til fartsgrensen, eksemplifisert med 80 km/t. I følge eksponentialmodellen er den relative risikoen i forhold til 80 km/t for en hastighet x gitt ved *eksp[0,034(x-80)]*.

Vi har en fartsfordeling med N enkeltfarter: $x_1, x_2, \ldots, x_N$. Gjennomsnittsfarten er

$\bar{x} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i$ og total relativ risiko til 80 km/t er $eksp\lfloor 0{,}034(\bar{x} - 80)\rfloor$

Den totale relative risikoen kan omskrives på følgende måte:

$$eksp\lfloor 0{,}034(\bar{x} - 80)\rfloor = eksp\left[0{,}034\left(\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i - 80\right)\right] = eksp\left[0{,}034\ \frac{1}{N}\left(\sum_{i=1}^{N} x_i - 80N\right)\right]$$

$$= eksp\left[0{,}034\ \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(x_i - 80)\right]$$

Ettersom

eksp(a*b) = eksp(a)^b og eksp(c+d) = eksp(c)*eksp(d)

så får vi resultatet

$$\mathrm{eksp}\lfloor 0{,}034(\bar{\mathrm{x}} - 80)\rfloor = \prod_{i=1}^{N} \mathrm{eksp}[0{,}034(\mathrm{x_i} - 80)]^{1/N}$$

Den totale relative risikoen er et produkt av et risikobidrag fra hvert enkelt kjøretøy. Risikobidraget er kjøretøyets relative risiko til 80 km/t vektet ved å opphøye i 1/N. Det er det som kalles et geometrisk gjennomsnitt. På en logaritmeskala, vi tar logaritmen til hver av sidene i uttrykket ovenfor, har vi da et vanlig aritmetisk gjennomsnitt.

Denne egenskapen ved eksponentialmodellen er svært nyttig for oss. I praksis vil det imidlertid være mer naturlig å knytte risiko til fartsintervaller og ikke helt ned til enkeltkjøretøy. Vi deler opp fartsfordelingen i *M* tilstøtende og ikke overlappende intervaller. Gjennomsnittet i intervall *j* betegner vi med $\bar{x}_j$. Vi lar n_j stå for antall kjøretøy/målinger i intervall *j* . Andel kjøretøy i intervall *j* blir da n_j/N. Totalt gjennomsnitt kan skrives:

$$\bar{x} = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{M} n_j \bar{x}_j \qquad \text{hvor} \qquad N = \sum_{j=1}^{M} n_j$$

Igjen kan den totale relative risikoen spaltes opp:

$$\mathrm{eksp}\lfloor 0{,}034(\bar{\mathrm{x}} - 80)\rfloor = eksp\left[0{,}034\left(\frac{1}{N}\sum_{j=1}^{M} n_j \bar{x}_j - 80\right)\right] =$$

$$eksp\left[0{,}034\left(\sum_{j=1}^{M}\frac{n_j}{N}\bar{x}_j - \left(\sum_{j=1}^{M}\frac{n_j}{N}\right)80\right)\right] \qquad \text{ettersom } \sum_{j=1}^{M}\frac{n_j}{N} = 1$$

$$= eksp\left[0{,}034\left(\sum_{j=1}^{M}\frac{n_j}{N}\left(\bar{x}_j-80\right)\right)\right] = \prod_{j=1}^{M} \text{eksp}\left[0{,}034\left(\bar{x}_j-80\right)\right]^{n_j/N}$$

Den totale relative risikoen er produktet av et risikobidrag fra hvert intervall. Risikobidraget er den relative risikoen til intervallet (basert på gjennomsnittsfarten i intervallet) vektet ved å opphøye i andel kjøretøy i intervallet. Dette er et veid geometrisk gjennomsnitt. På en logaritmeskala er det et vanlig veid aritmetisk gjennomsnitt.

Talleksempel enkeltfarter. Vi ser på et meget enkelt talleksempel for å illustrere hva som skjer. Vi har to hastigheter, si 90 og 100 km/t med et gjennomsnitt på 95 km/t. Med powermodellen blir risikoen i forhold til 80 km/t samlet på $(95/80)^{2{,}059}$. Men effekten lar seg ikke dele opp i èn del som skyldes 90 til 80 og èn del som skyldes 100 til 80. Følgende uttrykk lar seg ikke løse opp:

$$\left(\frac{\frac{(90+100)}{2}}{80}\right)^{2{,}059}$$

Den store fordelen med eksponentialmodellen er at dette faktisk går an. Samlet risiko blir

eksp[0,034*(95-80)] = eksp[0,034*((100+90)/2 – 80)]

= eksp[0,034*(1/2)*(100+90 -2*80)]

= eksp[0,034*(1/2)*(100-80 + 90-80)]

=eksp[0,034*(100-80)]$^{1/2}$ * eksp[0,034*(90-80)]$^{1/2}$

Relativ risiko for gjennomsnittet 95 km/t i forhold til 80 km/t kan skrives som produktet av to faktorer, den ene er relativ risiko for hastigheten 100 km/t og den andre for hastigheten 90 km/t. Begge må opphøyes i 1 delt på antall kjøretøy. Vi kan også si at logaritmen til risikoen er additiv:

0,034*(95-80) = (1/2)*0,034*(100-80) + (1/2)*0,034*(90-80)

Det vil si at logaritmen til risikoen for gjennomsnittet er gjennomsnittet av logaritmen til risikoen for hver enkelt hastighet. (relativ risiko til 80 km/t).

Som vist ovenfor gjelder dette uansett hvor mange enkeltmålinger gjennomsnittet er basert på. Dermed har vi endelig det teoretiske grunnlaget for å kunne regne med differensiert risiko. Egenskapene til eksponentialmodellen er akkurat det som skal til! Ettersom powermodellen ikke har slike egenskaper er ikke den egnet til å differensiere risikoen på intervaller eller enkeltkjøretøy.

Talleksempel fartsintervaller. Vi har en fartsfordeling med gjennomsnittshastighet på 92,2 km/t. Vi deler opp i 4 fartsintervaller og kjenner andel kjøretøy og gjennomsnittsfart i hvert intervall.

Intervall	Gjennom-snittsfart	Andel	Relativ risiko til 80 km/t	Multiplikativt bidrag til total relativ risiko (AMF)
Alle	92,2	100	Eksp[0,034(92,2-80,0)] = 1,514	(1,514)
<= 80	73,0	16,0	Eksp[0,034(73,0-80,0)] = 0,788	$0{,}788^{0{,}16}$ = 0,963
<80, 90]	86,5	28,0	Eksp[0,034(86,5-80,0)] = 1,247	$1{,}247^{0{,}28}$ = 1,064
<90, 100]	94,0	34,0	Eksp[0,034(94,0-80,0)] = 1,610	$1{,}610^{0{,}34}$ = 1,176
>100	110,5	22,0	Eksp[0,034(110,5-80,0)] = 2,821	$2{,}821^{0{,}22}$ = 1,256

Vi bruker nå betegnelsen AMF(intervall) for risikobidraget fra et intervall og kan da skrive:

Total relativ risiko = AMF(<=80) * AMF(<80, 90]) * AMF(<90, 100]) * AMF(> 100)

1,514 = 0,963*1,064*1,176*1,256 (avrunding 0,001)

Andelene fungerer som vekter. Vi lar R(intervall) stå for den relative risikoen til intervallet og kan skrive

AMF(intervall) = R(intervall)$^{\text{andel kjøretøy}}$

På denne måten får vi en så detaljert «risikoprofil» som vi måtte ønske, og får adressert risikoen der den hører hjemme.

4.2 Teoretiske modeller for fartsfordelinger

Vi tenker oss en modell, en sannsynlighetsfordeling, som beskriver hastighetene. Modellen betegner vi f(x; μ,σ), hvor μ =E(X) er forventningsverdien og σ er standardavviket. I et lite intervall <x, x+dx> er risikobidraget tilnærmet lik R(x)$^{f(x)dx}$, ettersom f(x)dx er tilnærmet lik andel kjøretøy i intervallet. Logaritmen til risikobidraget er [lnR(x)]*f(x)dx. Vi lar R stå for den totale relative risikoen i fordelingen. I følge integrasjonsteorien er da

$$lnR = \int \ln R(x) f(x) dx = E[\ln R(X)]$$

Nå er ikke nødvendigvis E[lnR(X)] = lnE[R(X)]. Men hvis R(x) har en pen form, som den har i eksponentialmodellen, løser det hele seg opp. Ettersom lnR(x) = 0,034(x-80) får vi

$$lnR = E[0{,}034(X-80)] = 0{,}034(\mu - 80), \quad og\ R = eksp[0{,}034(\mu-80)]$$

Dette er den «kontinuerlige» analogien til kapittel 4. Hvis vi har en kjent sannsynlighetsmodell kan vi dele opp i intervaller og beregne multiplikative risikobidrag. Selv om fartsdata sjelden er normalfordelte, kan vi bruke normalfordelingen som referansefordeling. I normalfordelingen kan det vises at forventningen, eller gjennomsnittet, i et intervall <x_1, x_2> er gitt ved

$$\mu - \frac{\sigma\left(eksp\left[-\frac{(x_2-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] - eksp\left[-\frac{(x_1-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]\right)}{\sqrt{2\pi}\left(\Phi(x_2)-\Phi(x_1)\right)}$$ hvor Φ(x) er kumulativ normalfordeling

Andelen kjøretøy i intervallet er sannsynligheten $\Phi(x_2) - \Phi(x_1)$.

Hvis for eksempel μ=80 og σ=10, er gjennomsnittet i intervallet <90, 100> lik 80+13,86 = 93,86. For intervallet <60, 70> får vi, symmetrisk, 80-13,86 = 66,14. Andel kjøretøy blir 0,136 i begge intervall. Multiplikativt risikobidrag for <90, 100> er eksp[0,034(93,86-80)]^{0,136} = 1,602^{0,136} = 1,066 og for intervallet <60, 70> får vi 0,938.

Med empiriske data beregner vi gjennomsnitt og standardavvik. Da kan vi sammenligne de multiplikative risikobidragene med hva tilsvarende risikobidrag er i normalfordelingen med samme forventning og standardavvik.

5 Risikoprofil i en fartsfordeling

5.1 Eksempel Ellingsøytunnelen

Vi bruker et datamateriale fra Ellingsøytunnelen ved Ålesund, 12-16.mai 2010. Antall målinger er 31 286. Her kjøres det veldig fort. Gjennomsnittsfarten er 90,4 km/t og andelen kjøretøy over 80 km/t er på hele 82,7 prosent, som er 25 886 kjøretøy. Målt i 10er intervaller ser det slik ut:

intervall	antall	andel	gj.snitt
> 150	105	0,34	164,7
<140, 150]	81	0,26	144,3
<130, 140]	188	0,60	133,5
<120, 130]	390	1,25	124,5
<110, 120]	1268	4,05	114,1
<100, 110]	3495	11,17	104,0
<90, 100]	8704	27,82	94,4
<80, 90]	11655	37,25	85,2
	sum	82,74	93,7
=< 80	5400	17,26	74,4

Den totale relative risikoen til 80 km/t for hele fordelingen er

$$\text{eksp}[0{,}034(90{,}4-80{,}0)] = 1{,}424$$

Fordelingen har altså 42,4% mer risiko enn en fordeling med gjennomsnitt 80 km/t eller sammenlignet med den teoretiske situasjon at alle hadde kjørt nøyaktig i 80 km/t.

Egenskapene ved eksponentialmodellen som vist i forrige kapittel, gjør oss nå i stand til å påvise hvor bidragene til forhøyet risiko kommer fra. For hvert intervall har vi gjennomsnittsfart og andel kjøretøy. Følgende tabell viser risikoprofilen til fartsfordelingen. Vi har valgt å bruke litt færre intervall enn i tabellen ovenfor.

Intervall	Gjennom-snittsfart	Andel	Relativ risiko til 80 km/t	Bidrag til total relativ risiko AMF
Alle	90,4	100	Eksp[0,034*(90,4-80,0)] = 1,424	1,424
<= 80 km/t	74,4	17,3	Eksp[0,034*(74,4-80,0)] = 0,827	$0{,}827^{0{,}173} = 0{,}968$
>80 km/t	93,7	82,7	Eksp[0,034*(93,7-80,0)] = 1,593	$1{,}593^{0{,}827} = 1{,}470$
kontroll			1,424 = 0,968*1,470	(avvik 0,001)
<80, 90]	85,2	37,2*	Eksp[0,034*(85,2-80,0)] = 1,193	$1{,}193^{0{,}372} = 1{,}068$
<90, 100]	94,4	27,8	Eksp[0,034*(94,4-80,0)] = 1,632	$1{,}632^{0{,}278} = 1{,}146$
>100 km/t	110,5	17,7	Eksp[0,034*(110,5-80,0)] = 2,821	$2{,}821^{0{,}177} = 1{,}201$
kontroll			1,470 = 1,068*1,146*1,201	

Relativ risiko til 80 km/t er regnet ut for hvert intervall. Intervallets bidrag til total relativ risiko er lik den relative risikoen opphøyd i andel kjøretøy i intervallet. Legg merke til at bidragene til total relativ risiko er multiplikative. Vi har derfor her forsøksvis betegnet dem som AMFer (Accident Modification Factors). For eksempel er da bidraget fra alle over 80 km/t, 1,470, lik produktet av bidraget fra hvert av de tre intervallene (1,470 = 1,068*1,146*1,201).

Vi ser bl.a. at de 17,7% som har hastigheter over 100 km/t bidrar med den største risikofaktoren på 1,201. Disse alene står for en økning i relativ risiko på 20,1%.

Det er stort potensial for ulykkereduksjon, her. Hvis alle over 80 km/t reduserer farten sin til 80 km/t (eller et gjennomsnitt på 80 km/t), og vi betegner antall ulykker med *N*, blir forventet antall ulykker i «ettersituasjonen» lik

$$N/1{,}470 = 0{,}680N \qquad \text{som er en ulykkereduksjon på } 32{,}0\%$$

Mer detaljert kan vi nå anskueliggjøre dette gjennom

$$N/1{,}470 = N/(1{,}068*1{,}146*1{,}201) = 0{,}936*0{,}873*0{,}833*N = 0{,}680N$$

Hvis vi starter med de høyeste hastighetene, ser vi en suksessiv ulykkereduksjon først på 16,7% ((1-0,833)*100), deretter en ytterligere reduksjon på 12,7% og til slutt en reduksjon på 6,4%.

5.1.1 Ekstreme hastigheter

Det fins ingen klar definisjon av ekstreme hastigheter, så vi bruker her 150 km/t som eksempel. I datamaterialet er det 105 kjøretøy med så høye hastigheter, de utgjør en andel på 0,34 prosent. Gjennomsnittsfarten blant dem er på 164,7 km/t. Men vi kan nå beregne risikobidraget fra denne gruppen

$$\text{eksp}[0{,}034*(164{,}7-80{,}0)]^{0{,}0034} = 17{,}811^{0{,}0034} = 1{,}010$$

Ellingsøy er en tunnel hvor det kjøres fort. Ifølge eksponentialmodellen så representerer denne lille gruppen, bare 0,34 prosent, en risikoøkning på 1 prosent for hele trafikken under ett. Men vi ser også at vi nærmer oss ytterpunktet av fordelingen. Selv om den relative risikoen for hastighetene over 150 km/t i gjennomsnitt er 17,811 ganger så stor som «normalen», så er andelen kjøretøy så liten (0,34%) at risikobidraget blir beskjedent i det sammenlagte bildet.

5.1.2 Effekt av innslagspunkt 100 km/t for sanksjoner

Vi nevnte denne problemstillingen i innledningen. Vi betrakter nå den tenkte situasjon at alle som har hastigheter over 100 km/t, etter mer eller mindre hardt press, senker farten sin til 100 km/t. I praksis sikkert til litt under 100 Km/t, i hvert fall i gjennomsnitt. Risikoberegningen baserer seg nå på at 17,7% av trafikken reduserer farten sin fra 110,5 km/t til 100 km/t. De andre endrer ikke sine fartsvalg. For de som før kjørte over 100 km/t får vi nå et risikobidrag på

$$\text{eksp}[0{,}034*(100{,}0-80{,}0)]^{0{,}177} = 1{,}974^{0{,}177} = 1{,}128 \qquad \text{istedenfor } 1{,}201$$

Denne problemstillingen foregriper neste delkapittel om «fartsfordelinger før og etter tiltak». I vår «førsituasjon» er samlet relativ risiko lik 1,424. Vi deler opp denne risikoen i to faktorer, en for dem over 100 km/t og en for dem under 100 km/t, slik at 1,424 = 1,201*1,186, hvor den andre faktoren (for de under 100 km/t) finnes ved enkel divisjon nå som vi har etablert den multiplikative modellen for risikobidrag. I «ettersituasjonen» er samlet relativ risiko sunket til 1,128*1,186 = 1,338. Risikoforholdet etter/før blir 1,338/1,424 = 0,940 som betyr en ulykkereduksjon på 6,0 prosent. Nettopp på grunn av den multiplikative egenskapen kan vi regne ut dette direkte ved kun å se på den utvalgte gruppen (de andre endrer jo ikke farten). Risikoforholdet etter/før blir da 1,128/1,201 = 0,939, som er en ulykkereduksjon på 6,1 prosent (avrundingsfeil på 0,1%).

En annen måte å betrakte effekten av en sanksjonsgrense på 100 km/t er å anta at de som pleier å kjøre i over 100 km/t, og blir tatt, vil gå over til å holde fartsgrensen. De som kjører under 100 km/t vil ikke påvirkes og endrer ikke fartsvalget sitt. De som i «førsituasjonen» kjørte over 100 km/t hadde et risikobidrag på 1,201 og vil i «ettersituasjonen» ha et risikobidrag på 1. Risikoforholdet etter/før blir 1/1,201 = 0,833 som betyr en ulykkereduksjon på 16,7 prosent.

Det riktige svaret ligger et sted imellom disse yttervariantene.

5.1.3 Kriterier for å innføre fartsreduserende tiltak

Streknings-ATK er per dags dato i Norge innført på 15 lokaliteter, med til sammen 28 anlegg (SATK i begge retninger regnes som to anlegg). Kriteriene for å innføre SATK baserer seg på ulykkessituasjonen og på fartsnivået. I tillegg må strekningen ha en viss lengde og en viss trafikk, og hovedstrømmen av trafikken må være gjennomgående (lav ÅDT på tilstøtende veger).

Vegdirektoratet i Norge er i ferd med å utvikle nye kriterier for SATK. Når det gjelder ulykkessituasjonen baserer man seg på registrerte skade- og ulykkestall og såkalte normale og forventede skade- og ulykkestall. De sistnevnte estimeres fra en multivariat modell (med ÅDT, lengde på strekningen, fartsgrense, antall kryss osv) og man bruker empirisk Bayes analyse [5].

Når det gjelder fart og risiko går man nå over til å bruke eksponentialmodellen istedenfor Powermodellen. Man drar da nytte av de multiplikative egenskapene vist i denne artikkelen. Forventet ulykkereduksjon er, som før, avhengig av hvilken reduksjon i fart vi kan forvente. Men vi trenger ikke lenger begrense oss til kun å se på overall gjennomsnittsfart. Det viser seg som en god tanke å fokusere på dem som kjører fortere enn fartsgrensen, det er dem vi vil nå ved tiltaket. Nå er SATK et sterkt og effektivt virkemiddel. Som vi skal se i neste kapittel, vil andelen kjøretøy over fartsgrensen i ettersituasjonen typisk ligge på ca. 10 prosent. Gjennomsnittsfarten til disse vil heller ikke være særlig høy, slik at bidraget deres til total relativ risiko bare vil utgjøre et par prosent (1,02). Som input i kriteriene hva gjelder fart og risiko holder det, i den enkleste form, å bruke kun to størrelser:

- Andel kjøretøy over fartsgrensen
- Gjennomsnittsfarten blant disse

Av disse to størrelsene beregner vi risikobidraget blant dem over fartsgrensen. Hvis risikobidraget blir for eksempel 1,12, kan vi regne med ca. 10 prosent nedgang i ulykkene som følge av å innføre SATK. Dette er dessuten et konservativt anslag, ettersom all erfaring hittil viser at de som i utgangspunktet holder fartsgrensen også vil senke farten sin når SATK innføres (se neste kapittel).

I denne artikkelen ser vi bare på forventet endring i personskadeulykker. Rune Elvik, Transportøkonomisk institutt, har som en forlengelse av sin artikkel [1], beregnet egne parametere for skadegradene drept, hardt skadde og lettere skadde (mens vi i artikkelen kun har brukt 0,034 for personskadeulykke). Dette er nødvendig for å beregne forventet reduksjon i skadekostnader på den aktuelle strekningen, som i sin tur sammenlignes med kostnadene forbundet med tiltaket.

6 Sammenligning av risikoprofiler i før- og ettermålinger av fart

Når vi skal sammenligne fartsfordelingene før og etter tiltak beregner vi først en risikoprofil for hver av fordelingene inklusive total relativ risiko til 80 km/t. Følgende enkle sammenheng gjelder:

$$\frac{total\ relativ\ risiko(etter)}{total\ relativ\ risiko(før)} = \frac{ulykker(etter)}{ulykker(før)}$$

Denne sammenhengen gjelder enten man bruker eksponentialmodellen eller Powermodellen til å beregne total relativ risiko. Det vi beregner relativ risiko i forhold til, fartsgrensen, vil i begge tilfeller «divideres bort». Hvis man studerer fartsendring som følge av en faktisk endring av fartsgrensen, vil det være mest naturlig å bruke fartsgrensen i ettersituasjonen som ankerpunkt. Resultatet må tolkes ut fra det valget man gjør.

6.1 Eksempel Roløkken i Hallingdal

Førmålingene er fra uke 11 og ettermålingene fra uke 28 i 2011. Vi ser på retning nordover. Førmålingene gjelder 11522 kjøretøy og ettermålingene gjelder 22841 kjøretøy. Fartsnivået er ikke særlig høyt, heller ikke i førsituasjonen. Gjennomsnittsfarten sank fra 79,0 km/t til 69,7 km/t. Andelen over 80 km/t sank fra 42,0 prosent til 7,7 prosent. Konvensjonell bruk av powermodellen på reduksjon i gjennomsnittsfarten gir

$(69,7/79,0)^{2,2} = 0,759$, som gir ulykkereduksjon på 24,1 prosent

Eksponentialmodell på gjennomsnittsfarten gir temmelig likt resultat:

Eksp[-0,034(79,0- 69,7)] = 0,729 , ulykkereduksjon på 27,1 prosent

Eksponentialmodellen og risikoprofil. Vi beregner først risikoprofilen i førsituasjonen.

Intervall	Gjennom-snittsfart	Andel	Relativ risiko til 80 km/t	Bidrag relativ risiko AMF
Alle	79,0	100	Eksp[-0,034*(80,0-79,0)] = 0,967	0,967
<= 80 km/t	73,3	58,0	Eksp[-0,034*(80,0-73,3)] = 0,796	$0,796^{0,58} = 0,876$
>80 km/t	86,8	42,0	Eksp[0,034*(86,8-80,0)] = 1,260	$1,260^{0,42} = 1,102$
kontroll			0,876*1,102 = 0,965	avvik 0,002
<80, 90]	84,0	32,5	Eksp[0,034*(84,0-80,0)] = 1,146	$1,146^{0,325} = 1,045$
<90, 100]	93,7	7,6	Eksp[0,034*(93,7-80,0)] = 1,593	$1,593^{0,076} = 1,036$
>100 km/t	106,9	1,9	Eksp[0,034*(106,9-80,0)] = 2,496	$2,496^{0,019} = 1,018$
kontroll			1,045*1,036*1,1018 = 1,102	

Det kjøres ikke spesielt fort på Roløkken. Samlet relativ risiko er 0,967 i forhold til 80 km/t. Satt på spissen hadde vi fått en liten ulykkesøkning hvis vi hadde tvunget alle til å kjøre i nøyaktig 80 km/t. Men hvis vi bare ser på dem som kjører fortere enn fartsgrensen, så er det 42 prosent og de har en relativ risiko på betydelige 1,206. Deres bidrag til samlet relativ risiko er på 1,102. Hvis vi antar at de som holder fartsgrensen ikke endrer hastigheten sin, så er det muligheter i risikobildet for en ca. 10 prosent reduksjon i ulykker. Hastigheter over 100 km/t er sjeldne og bidraget til samlet relativ risiko er beskjedent.

Vi beregner de samme tallene for ettermålingene som er etter at SATK er innført. Målingene er fortsatt punktmålinger.

Intervall	Gjennom-snittsfart	Andel	Relativ risiko til 80 km/t	Bidrag relativ risiko AMF
Alle	69,7	100	Eksp[-0,034*(80,0-69,7)] = 0,705	0,705
<= 80 km/t	68,3	92,3	Eksp[-0,034*(80,0-68,3)] = 0,672	$0,672^{0,923} = 0,693$
>80 km/t	85,7	7,7	Eksp[0,034*(85,7-80,0)] = 1,214	$1,214^{0,077} = 1,015$
kontroll			0,693*1,015 = 0,703	avvik 0,002
<80, 90]	83,3	6,4	Eksp[0,034*(83,3-80,0)] = 1,119	$1,119^{0,064} = 1,007$
<90, 100]	93,8	0,9	Eksp[0,034*(93,8-80,0)] = 1,599	$1,599^{0,009} = 1,004$
>100 km/t	107,8	0,4	Eksp[0,034*(107,8-80,0)] = 2,573	$2,573^{0,004} = 1,004$
kontroll			1,007*1,004*1,004= 1,015	

Sammenholder vi samlet relativ risiko etter og før får vi

0,705/0,967 = 0,729 som betyr en forventet ulykkereduksjon på 27,1%

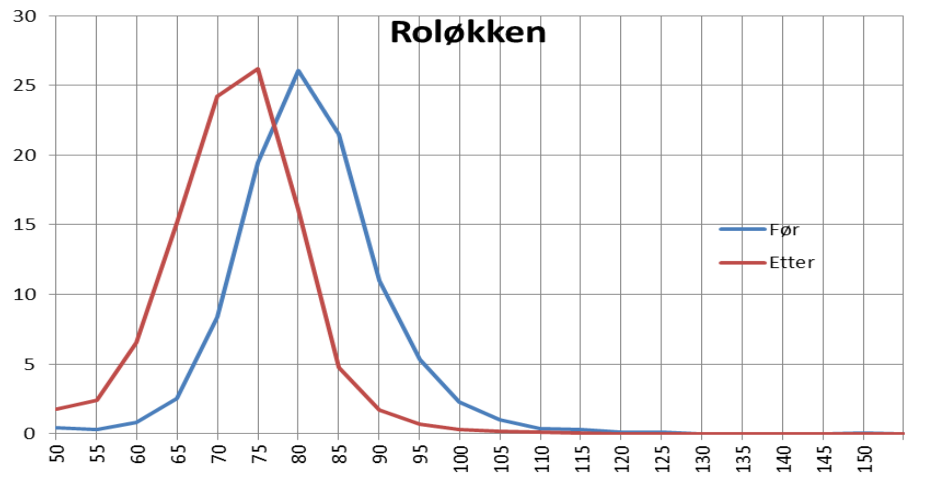
Det er det samme som vi fikk ved bruk av eksponentialmodellen på forandringen i overall gjennomsnitt, så vi har regnet riktig.

I ettersituasjonen er så å si all risiko over 1 borte. Vi står igjen med en liten gruppe, 7,7% over 80 km/t. De kjører allikevel så moderat at bidraget til relativ risiko bare er på 1,015. Svært mange (42,0% -7,7%) har redusert farten sin fra over 80 km/t til under 80 km/t. I tillegg har de som i utgangspunktet holdt fartsgrensen senket farten sin ytterligere. Vi ønsker nå å anskueliggjøre hvor risikoreduksjonen kommer fra.

$$\frac{"etter"}{"før"} = \frac{0{,}705}{0{,}967} = \frac{0{,}693 \times 1{,}015}{0{,}876 \times 1{,}102} = \frac{0{,}693}{0{,}876} \times \frac{1{,}015}{1{,}102} = 0{,}791_{\leq 80km/t} \times 0{,}921_{>80km/t} = 0{,}729$$

Vi har her delt opp risikoreduksjonen, 0,729, i to faktorer. En faktor for intervallet ≤ 80 km/t og en faktor for intervallet > 80 km/t. (Man kan gjøre oppdelingen i intervaller så finmasket som man vil). For hastigheter over 80 km/t er det viktigste som har skjedd at andelen kjøretøy har sunket fra 42,0% til 7,7%. Gjennomsnittsfarten har endret seg fra 86,8 km/t til 85,7 km/t. Bidraget til total risikoreduksjon fra før til etter blir 0,921. (Tenkt på den spesielle måten at hvis alle 34,3% som endret farten sin til ≤ 80 km/t hadde endt opp på nøyaktig 80 km/t og de som i førsituasjonen holdt fartsgrensen ikke hadde endret farten sin, så ville den totale risikoreduksjonen blitt 0,921). Når vi ser på faktoren for intervallet ≤ 80 km/t, så ser vi klart at dataene fra Roløkken er spesielle. Andelen kjøretøy har økt fra 58,0% til 92,3% samtidig som gjennomsnittet har sunket fra 73,3 km/t til 68,3 km/t. Bidraget til total risikoreduksjon fra før til etter blir så stor som 0,791. To ting har åpenbart skjedd. De som endret farten fra over 80 km/t til under 80 km/t må ha endt opp med et gjennomsnitt på godt ned mot 70 km/t. De som i utgangspunktet holdt fartsgrensen har senket farten til et gjennomsnitt langt under 70 km/t.

Figuren viser fartsfordelingene før og etter. Vi ser den «uønskede» effekten av at de som i utgangspunktet holder fartsgrensen senker farten betydelig i ettersituasjonen.



Forklaring: f.eks. verdien 80 på x-aksen gir på y-aksen andel kjøretøy i 5er intervallet <75, 80].

6.2 Eksempel Eiksundtunnelen

Vi har fødata fra 1-7.januar 2012, i nedløpet fra Ørsta, retning nedover. Målingene er gjort på meter 8630, som er startpunktet for det som etterpå blir SATK strekning S3 fra Ørstasiden og ned til bunnen av tunnelen (lengde 3997 meter).

Risikoprofil for førsituasjonen.

Intervall	Gjennom-snittsfart	Andel	Relativ risiko til 80 km/t	Bidrag relativ risiko AMF
Alle	80,6	100	Eksp[0,034*(80,6-80,0)] = 1,019	1,019
<= 80 km/t	74,2	50,2	Eksp[0,034*(74,2-80,0)] = 0,821	$0{,}821^{0{,}502}$ = 0,906
>80 km/t	87,0	49,8	Eksp[0,034*(87,0-80,0)] = 1,267	$1{,}267^{0{,}498}$ = 1,125
kontroll			0,906*1,125 = 1,019	
<80, 90]	84,4	38,7	Eksp[0,034*(84,4-80,0)] = 1,160	$1{,}160^{0{,}387}$ = 1,059
<90, 100]	93,6	9,3	Eksp[0,034*(93,6-80,0)] = 1,585	$1{,}585^{0{,}093}$ = 1,044
>100 km/t	107,9	1,9	Eksp[0,034*(107,9-80,0)] = 2,583	$2{,}583^{0{,}019}$ = 1,018
kontroll			1,059*1,044*1,018 = 1,125	

Total risiko er bare 1,9% høyere enn «normalen» på 1. Gjennomsnittsfarten ligger omtrent på fartsgrensen, og temmelig nøyaktig halvparten kjører fortere enn fartsgrensen. De under 80 km/t har en AMF på 0,906 mens de over 80 km/t har en AMF på 1,125. Sånn sett er risikosituasjonen ganske symmetrisk rundt fartsgrensen. De over 80 km/t bidrar til å trekke risikoen opp omtrent like mye som de under 80 km/t trekker den ned. Hva gjelder høye hastigheter, så er det 1,9 prosent som kjører fortere enn 100 km/t med en AMF på 1,018.

Risiko i ettersituasjonen, det vil si etter at SATK er innført. Målingene er strekningshastigheter.

Intervall	Gjennom-snittsfart	Andel	Relativ risiko til 80 km/t	Bidrag relativ risiko AMF
Alle	75,3	100	Eksp[0,034*(75,3-80,0)] = 0,853	0,853
<= 80 km/t	74,3	88,7	Eksp[0,034*(74,3-80,0)] = 0,825	$0{,}825^{0{,}887}$ = 0,843
>80 km/t	82,9	11,3	Eksp[0,034*(82,9-80,0)] = 1,103	$1{,}103^{0{,}113}$ = 1,011
kontroll			0,843*1,011 = 0,852	
<80, 90]	82,2	10,8	Eksp[0,034*(82,2-80,0)] = 1,079	$1{,}079^{0{,}108}$ = 1,008
<90, 100]	93,0	0,4	Eksp[0,034*(93,0-80,0)] = 1,553	$1{,}553^{0{,}004}$ = 1,002
>100 km/t	113,0	0,1	Eksp[0,034*(113,0-80,0)] = 3,066	$3{,}066^{0{,}001}$ = 1,001
kontroll			1,008*1,002*1,001 = 1,011	

Risikoen i ettersituasjonen i forhold til førsituasjonen er 0,853/1,019 = 0,837 hvilket innebærer en ulykkereduksjon på 16,3 prosent. Nesten all risiko over 1 er borte. Videre er det her en langt mer fornuftig utvikling enn for Roløkken. Andelen over 80 km/t har sunket fra 49,8 prosent til 11,3 prosent og gjennomsnittet har også sunket betydelig, fra 87,0 km/t til 82,9 km/t. Dette gir et multiplikativt bidrag til total risikoreduksjon på 0,899 (se nedenfor). Gruppen under 80 km/t har tilsvarende økt fra 50,2 prosent til 88,7 prosent mens gjennomsnittsfarten her har økt litegrann fra 74,2 til 74,3 km/t, egentlig naturlig nok ettersom veldig mange kommer fra en hastighet over 80 km/t. Bidrag til risikoreduksjon er 0,930.

$$\frac{"etter"}{"før"} = \frac{0{,}853}{1{,}019} = \frac{0{,}843 \times 1{,}011}{0{,}906 \times 1{,}125} = \frac{0{,}843}{0{,}906} \times \frac{1{,}011}{1{,}125} = 0{,}930_{\leq 80 km/t} \times 0{,}899_{>80 km/t} = 0{,}837$$

Dette er mer i tråd med hva vi ønsker å oppnå med SATK som tiltak. Bidragene fra de to intervallene, på den litt spesielle måten vi her tenker, er ganske like i motsetning til hva som var tilfellet for Roløkken. Bidraget fra intervallet over 80 km/t er større enn for intervallet under 80 km/t, noe som egentlig bør forventes.

Alt i alt gir det ovenstående betydelig mer innsikt i effekten av å innføre et fartsreduserende tiltak, i dette tilfelle SATK. Tidligere brukte man kun overall gjennomsnittsfart før og etter og den totale risikoreduksjonen.

Ideelt sett kan vi tenke oss et tilfelle der de som i utgangspunktet holdt fartsgrensen ikke endret fartsvalget sitt i nevneverdig grad. I ettersituasjonen fylles intervallet på med en stor andel kjøretøy som har senket farten sin fra over 80 km/t. Disse vil da mest naturlig føre til en økt gjennomsnittsfart blant alle som nå har hastighet under 80 km/t. Men ettersom andelen kjøretøy under 80 km/t også har økt, så fins det et skjæringspunkt her som vil gi likt risikobidrag som i førsituasjonen (risikobidraget kan også øke). Da hadde risikobidraget for intervallet over 80 km/t blitt identisk med det totale risikoreduksjonspotensialet. For eksempel, hvis gjennomsnittsfarten blant de 88,7 prosent som har hastigheter under 80 km/t i ettersituasjonen i Eiksund hadde økt til 76,7 km/t, ville risikobidraget blant de under 80 km/t vært det samme som i førsituasjonen (0,906).

Det er verd å merke seg at hvis en fartsfordeling har en total relativ risiko på ca. 1, så innebærer det at ca. 50 prosent kjører fortere enn fartsgrensen. Risikoen til et kjøretøy i 90 km/t «oppheves» av et kjøretøy i 70 km/t. Hvis vi kun fokuserer på dem som bryter fartsgrensen, og det er vårt primære anliggende, vil de 50 prosentene ha et bidrag til total relativ risiko på ca. 1,12 (avhengig av hvor stor spredningen i fordelingen er). Dermed har vi et potensial for risikoreduksjon på ca. 10 prosent. Når andelen over fartsgrensen øker, vil potensialet for risikoreduksjon øke kraftig. Eksempelet fra Ellingsøytunnelen viser en andel på 82,7 prosent over fartsgrensen og et potensial for risikoreduksjon på 32 prosent.

7 Risikobidrag trafikkforseelser – etiologisk brøk

Det handler her om å beregne hvilken effekt trafikkforseelser har på ulykker. Trafikkforseelser kan være mye forskjellig. Vi ser på fartsovertredelser.

Man kjenner andelen overtredere. Man setter relativ risiko lik 1 for alle som kjører lovlydig. Relativ risiko i forhold til fartsgrensen beregnes blant fartsovertrederne.

Effekten beregnes deretter gjennom «risikobidrag» eller den såkalte etiologiske brøk:

$$EB = \frac{PE \cdot (RR - 1))}{\big(PE \cdot (RR - 1)\big) + 1}$$

hvor PE er andel over fartsgrensen og RR er relativ risiko blant disse. EB viser prosentuell nedgang i f.eks. personskadeulykker som kan oppnås hvis alle kjører lovlydig. Hvis vi bruker eksponentialmodellen vil vi i tråd med det vi har funnet beregne total relativ risiko som

$RR^{PE} * 1^{1-PE} = RR^{PE}$ ettersom den relative risikoen er 1 for dem som holder fartsgrensen.

For å sammenligne ser vi at total relativ risiko er det samme som 1/(1-EB) og

$$\frac{1}{1-EB} = PE(RR-1)+1 = PE \cdot RR + (1-PE)\cdot 1$$

Dette viser at EB også baserer seg på å vekte sammen RR og 1, hvor vektene er andelene. Men uten eksponentialmodellen er det naturlig å vekte sammen lineært, altså et veid aritmetisk gjennomsnitt. EB er en robust størrelse som er uavhengig av modell. Men med eksponentialmodellen kan vi gjøre det helt korrekt, og får som vist:

$1/(1\text{-}EB) = RR^{PE}$ eller $EB = 1\text{-}(1/RR^{PE})$

Igjen er den multiplikative egenskapen i eksponentialmodellen avgjørende.

Referanser

[1] Elvik, R., 2012. A re-parameterisation of the Power Model of the relationship between the speed of traffic and the number of accident and accident victims. Accident Analysis and Prevention.

[2] Elvik, R., 2009. The Power Model of the relationship between speed and road safety. Update and new estimates. Report 1034. Institute of Transport Economics, Oslo.

[3] Nilsson, G., 2004. Traffic safety dimensions and the Power Model to describe the effect of speed on safety. Bulletin 221, Lund Institute of Technology, Department of Technology and Society, Traffic Engineering, Lund.

[4] Hauer, E., Bonneson, J., 2006. An empirical examination of the relationship between speed and road accidents based on data by Elvik, Christensen and Amundsen. Unpublished manuscript data March 5, 2006. Prepared for the Highway Safety Manual Task Force.

[5] Ragnøy, A., Christensen, P., Elvik, R., 2002. Skadegradstetthet – Et nytt mål på hvor farlig en vegstrekning er. Rapport 618. Transportøkonomisk institutt, Oslo.