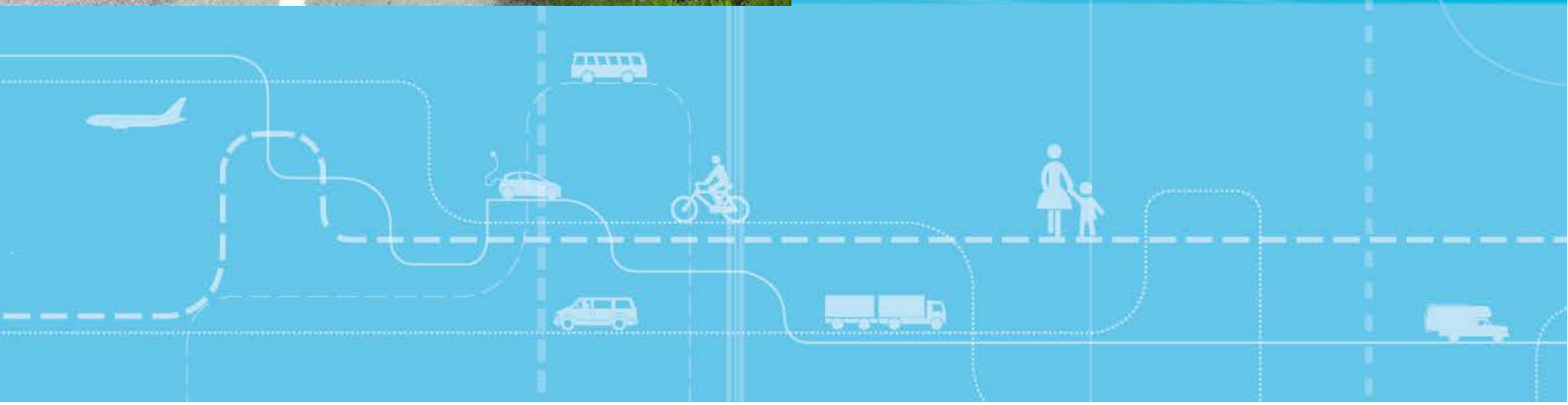


Evaluering av effekt på ulykker ved bruk av streknings-ATK



Evaluering av effekt på ulykker ved bruk av streknings-ATK

Alena Høye

Forsidebildet er tatt av Anne Beate Budalen og lånt av Vegdirektoratet

Transportøkonomisk institutt (TØI) har opphavsrett til hele rapporten og dens enkelte deler. Innholdet kan brukes som underlagsmateriale. Når rapporten siteres eller omtales, skal TØI oppgis som kilde med navn og rapportnummer. Rapporten kan ikke endres. Ved eventuell annen bruk må forhåndssamtykke fra TØI innhentes. For øvrig gjelder [åndsverklovens](#) bestemmelser.

ISSN 0808-1190

ISBN 978-82-480-1547-5 Papirversjon

ISBN 978-82-480-1068-5 Elektronisk versjon

Oslo, august 2014

Tittel: Evaluering av effekt på ulykker ved bruk av streknings-ATK

Forfattere: Alena Høye

Dato: 08.2014

TØI rapport: 1339/2014

Sider 45

ISBN Papir: 978-82-480-1547-5

ISBN Elektronisk: 978-82-480-1068-5

ISSN 0808-1190

Finansieringskilde: Statens vegvesen Vegdirektoratet

Prosjekt: 3987 - Evaluering av effekt på ulykker av punkt- og streknings-ATK

Prosjektleder: Alena Høye

Kvalitetsansvarlig: Rune Elvik

Emneord: Automatisk trafikk kontroll
Empirisk Bayes metode
Fartskontroll
Norge
Trafikksikkerhet
Ulykker

Sammendrag:

En før-etter evaluering av streknings-ATK (SATK) på 14 SATK-strekninger i Norge viser at SATK reduserer antall personskadeulykker (PSU) med mellom 12 og 22% og antall drepte og hardt skadde (D+HS) med mellom 49 og 54%. Virkningen på antall D+HS er statistisk signifikant. Resultatene gjelder hele strekningen mellom fotoboksene. Nedstrøms for SATK-strekningene (3 km i hver retning) ble det funnet en signifikant reduksjon på 46% i antall PSU. Det er kontrollert for generelle endringer av ulykkesrisikoen over tid, endringer av trafikkmengden på SATK-strekningene og fartsgrenseendringer på noen av SATK-strekningene. Det er også tatt hensyn til at noen av SATK-strekningene hadde punkt-ATK (PATK) i førperioden, slik at resultatene viser virkningen av SATK på strekninger som i utgangspunktet ikke hadde verken punkt- eller SATK. Det er kontrollert for regresjonseffekter ved bruk av empiriske Bayes metoden. Åtte av SATK-strekningene er i tunnel og resultatene tyder på at virkningen av SATK er minst like stor i tunneler som på veg i dagen.

Title: Evaluation of the crash effects of section control

Author(s): Alena Høye

Date: 08.2014

TØI report: 1339/2014

Pages 45

ISBN Paper: 978-82-480-1547-5

ISBN Electronic: 978-82-480-1068-5

ISSN 0808-1190

Financed by: The Norwegian Public Roads Administration

Project: 3987 - Evaluering av effekt på ulykker av punkt- og streknings-ATK

Project manager: Alena Høye

Quality manager: Rune Elvik

Key words: Accidents
Empirical Bayes method
Enforcement
Road safety
Section control
Speed cameras

Summary:

A before-after study of section control at 14 sites in Norway found a reduction of injury crashes by between 12 and 22% and a reduction of the number of killed or severely injured road users by between 49 and 54%. Downstream of the section control sites (3 km in each direction) injury crashes were found to be reduced significantly by 46%. The study has controlled for trend effects, volumes, speed limit change at some of the sites and speed cameras at some of the sites in the before period. Regression to the mean is controlled for by using the Empirical Bayes method. Eight of the section control sites are in tunnels. The results indicate that the crash reductions in tunnels are at least of the same magnitude as on open roads.

Language of report: Norwegian

Forord

Denne rapporten beskriver evalueringen av effekten på ulykker ved bruk av streknings-ATK (SATK) på de 14 SATK-strekningene i Norge som ble etablert før 2013.

Rapporten er skrevet på oppdrag av Statens vegvesen, Vegdirektoratet.

TØIs prosjektleder har vært Alena Høye som også har skrevet rapporten. Fridulv Sagberg (TØI) har vært prosjektmedarbeider og bidratt til metodeutviklingen. Oppdragsgivers kontaktperson har vært Arild Ragnøy. Arild Ragnøy og Finn Harald Amundsen, begge fra Vegdirektoratet, har bidratt med nyttige kommentarer til tidligere versjoner av rapporten. Datagrunnlaget for modellberegningene er i hovedsak skaffet til veie ved hjelp av Fred Krohn fra ViaNova, basert på data i den nasjonale vegdatabanken (NVDB) og Statens vegvesens register over SATK-strekninger.

Rune Elvik har stått for kvalitetssikring av rapporten. Trude Rømming har tilrettelagt rapporten for utgivelse i papirform og elektronisk.

Oslo, august 2014
Transportøkonomisk institutt

Gunnar Lindberg
direktør

Michael W. J. Sørensen
avdelingsleder

Innhold

Sammendrag

Summary

1	Innledning	1
2	Metodisk opplegg for evalueringen.....	2
2.1	Forsøksopplegg for før-etter studier.....	2
2.1.1	Før-etter studie uten kontrollgruppe	3
2.1.2	Før-etter studie med kontrollgruppe	3
2.1.3	Den empiriske Bayes (EB) metoden.....	4
2.2	Influensområder og kjøreretninger	10
2.3	Før- og etterperiodene	11
2.4	Skadegrader.....	11
2.5	Signifikanstesting	12
3	SATK-strekningene	13
4	Resultater	15
4.1	Beskrivelse av datamateriale	15
4.2	Før-etter studie uten kontrollgruppe	18
4.3	Før-etter med kontrollgruppe	19
4.4	Før-etter empirisk Bayes.....	21
4.5	Oppsummering av resultatene	26
4.6	Virksomheter på fart og ulykker	33
4.7	Nedstrømsanalyse	34
4.7.1	Beskrivelse av datamateriale i nedstrømsanalysen	34
4.7.2	Før-etter nedstrømsanalyse uten kontrollgruppe.....	35
4.7.3	Før-etter nedstrømsanalyse med kontrollgruppe.....	36
4.7.4	Før-etter empirisk Bayes evaluering på nedstrømsstrekningene ...	36
4.7.5	Oppsummering av resultatene fra nedstrømsanalysen.....	37
5	Oppsummering og konklusjoner	39
6	Referanser	41
	Vedlegg 1: Ulykkesmodeller for tunneler	43

Sammendrag:

Evaluering av effekt på ulykker ved bruk av streknings-ATK

TØI rapport 1339/2014

Forfatter: Alena Høy

Oslo 2014 45 sider

En før-etter evaluering av streknings-ATK (SATK) på 14 SATK-strekninger i Norge viser at SATK reduserer antall personskadeulykker (PSU) med mellom 12 og 22% og antall drepte eller hardt skadde (D+HS) med mellom 49 og 54%. Virkningen på antall D+HS er statistisk signifikant. Resultatene gjelder hele strekningen mellom fotoboksene, uansett om farten kontrolleres i én eller begge retninger. Nedstrøms for SATK-strekningene (3 km i hver retning) ble det funnet en signifikant reduksjon av antall PSU på 46%. Antall D+HS på nedstrømsstrekningene er for lite for å trekke noen konklusjoner. Det er kontrollert for generelle endringer av ulykkesrisikoen over tid, endringer av trafikkmengden på SATK-strekningene og fartsgrenseendringer på de SATK-strekningene hvor det er aktuelt. Det er også tatt hensyn til at noen av SATK-strekningene hadde punkt-ATK (PATK) i førperioden, slik at resultatene viser virkningen av SATK på strekninger som i utgangspunktet ikke hadde verken PATK eller SATK. Det er kontrollert for regresjonseffekter ved bruk av den empiriske Bayes metoden som tar hensyn til at tilfeldig høye ulykkestall i førperioden som regel medfører en nedgang av antall ulykker i etterperioden, selv om ingen effektive tiltak settes inn. Atte av SATK-strekningene er i tunnel og resultatene tyder på at virkningen av SATK er minst like stor i tunneler som på veg i dagen. De fleste SATK-strekningene i tunnel har SATK kun i én kjøreretning, dette er for det meste nedoverbakker mellom portal og bunn i undersjøiske tunneler. På slike strekninger kan antall D+HS være redusert med opptil 59% og antall PSU med opptil 25%. Virkningen av SATK på både PSU og D+HS er større enn man ville forvente ut fra virkningen på fart og den generelle sammenhengen mellom fart og ulykker.

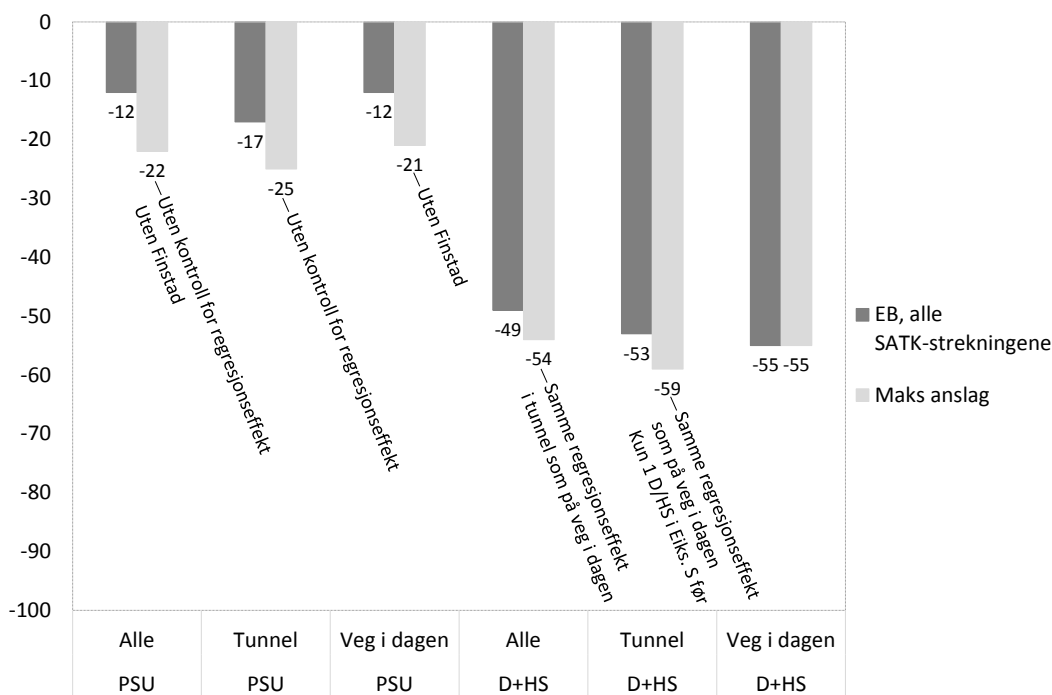
Virkingen av SATK på antall PSU og antall D+HS er blitt undersøkt i en empirisk Bayes (EB) evaluering som er en før-etter studie med kontroll for generelle endringer av ulykkesrisikoen over tid, endringer av bl.a. trafikkarbeid på SATK-strekningene og regresjonseffekter. Virkingen er i tillegg beregnet uten kontroll for regresjonseffekter.

På hver SATK-strekning er det montert to fotobokser per kjøreretning. Gjennomsnittsfarten mellom de to fotoboksene beregnes ut fra tiden det tar å kjøre fra den første til den andre fotoboksen. Førere med en gjennomsnittsfart som er for høy kan bli bøtelagt eller miste førerretten. Fotoboksene er godt synlige og strekninger med ATK er alltid varslet med skilt.

Figur S.1 viser resultatene fra EB-evalueringen. Disse kan av ulike grunner være noe underestimert og derfor vises i tillegg maksimumsanslag på virkningene. Maksimumsanslagene er basert på følgende funn:

- Virkningen på PSU i tunnel: Regresjonseffekten er trolig overestimert, maksimumsanslaget er derfor virkningen på PSU i tunnel uten kontroll for regresjonseffekt.

- Virkningen på PSU på veg i dagen: Denne kan være underestimert pga. én av strekningene med unormalt få PSU i førperioden (Finstad); maksimumsanslaget er derfor basert på strekningene uten Finstad.
- Virkningen på PSU på alle SATK-strekninger: Maksimumsanslaget er virkningen som er beregnet uten kontroll for regresjonseffekter og uten Finstad (på veg i dagen uten Finstad er det nesten ikke noen regresjonseffekt).
- Virkningen på D+HS i tunnel: Regresjonseffekten er trolig overestimert og virkningen er påvirket av én ulykke med fem drepte i førperioden; maksimumsanslaget er virkningen på D+HS i tunnel når man legger til grunn den samme regresjonseffekten som på veg i dagen og når antall drepte i den ene ulykken er satt til én istedenfor fem.
- Virkningen på D+HS på veg i dagen: Her er det ikke noe som tyder på at virkningen er under- (eller over-) estimert.
- Virkningen på D+HS på alle SATK-strekninger: Maksimumsanslaget er virkningen på D+HS på alle SATK-strekningene når man legger til grunn den samme regresjonseffekten som på veg i dagen på alle strekningene og når antall drepte i den ene ulykken er satt til én istedenfor fem.



Figur S.1: Virkning av SATK på antall PSU og D+HS i prosent basert på EB-evalueringen og alle SATK-strekningene (med kontroll for generelle endringer over tid og regresjonseffekter), samt maksimumsanslag når man tar hensyn til at noen av virkningene kan være underestimert i EB-evalueringen.

Beskrivelse av SATK-strekningene og forsøksopplegget

Til sammen er det 14 SATK-strekninger som inngår i evalueringen (én strekning kan ha SATK i én eller begge kjøretretninger), hvorav åtte strekninger ligger i tunnel (Oslofjord-, Byfjord-, Eiksund- og Tromsøysundtunnel som alle er undersjøiske, samt i Helltunnelen). De øvrige strekningene ligger ved Barkald (Rv 3 i Hedmark), Finstad (Rv 25 i Hedmark), Rosten (Ev 6 i Oppland), Harestua (Rv 4 i Oppland),

Bromma (Rv 7 i Buskerud) og Dørdal (Ev 18 i Telemark). SATK-strekninger som ble installert etter 2012 inngår ikke i evalueringen. De fleste SATK-strekningene har en fartsgrensen på 80 km/t og to kjørefelt. Trafikkmengden var mellom 1800 og 14000 kjøretøy/døgn i førperioden (gjennomsnitt 6400). Åtte av SATK-strekningene hadde PATK i hele eller deler av førperioden. Dette er det tatt hensyn til, slik at resultatene viser nedgangen av ulykkestallene fra en situasjon uten verken PATK eller SATK til en situasjon med SATK.

Før-perioden er for alle strekningene på tre år (de siste tre hele år før installeringsåret). Etterperiodenes lengde varierer, avhengig av installeringsstidspunktet. Alle etterperiodene begynner i den tredje måneden etter installeringen og slutter senest i slutten av 2013. I gjennomsnitt er etterperioden på 1,8 år (ulykkestall foreligger fram til slutten av 2013).

For å ta hensyn til regresjonseffekter og andre faktorer er virkningen av SATK beregnet med den empiriske Bayes (EB) metoden som sammenligner registrerte ulykkestall i etterperioden med forventede ulykkestall, dvs. ulykkestall som man ville forvente hvis man tar hensyn til generelle endringer over tid, ulike forstyrrende variabler (som for eksempel fartsgrenseendringer) og regresjonseffekter. Regresjonseffekter oppstår i før-etter studier når det registrerte ulykkestallet i førperioden har vært unormalt høyt (eller lavt). Med «unormalt» menes at registrerte ulykkestall er høyere enn på strekninger med den samme trafikkmengden og de samme vegegenskapene på grunn av tilfeldigheter. I etterperioden vil ulykkestallet mest sannsynlig være nærmere det langsiktige gjennomsnittet (fordi gjennomsnittlige ulykkestall alltid er mer sannsynlige enn store avvik fra gjennomsnittet), og dermed lavere enn i førperioden, selv om ingen effektive tiltak settes inn. Andre faktorer som det er kontrollert for er periodelengden, generelle endringer av ulykkesrisikoen over tid, endringer av trafikkmengden på SATK-strekningen (samt sammenhengen mellom trafikkmengde og antall PSU og D+HS), fartsgrenseendringer på noen av SATK-strekningene i førperioden og at noen av SATK-strekningene har hatt PATK i hele eller deler av førperioden. For å vurdere hvor stor regresjonseffektene er, er virkningen av SATK i tillegg undersøkt i en før-etter studie som kontrollerer for de samme faktorene som EB-evalueringen, unntatt regresjonseffekter

SATK reduserer antall PSU og, i mye større grad, antall D+HS

For PSU ble det i EB-evalueringen funnet en reduksjon på 12% når man ser på alle strekningene under ett. Reduksjonen kan være på opptil 22% når man tar hensyn til at regresjonseffektene i tunnelene kan være overestimert og til at SATK-strekningen Finstad har hatt unormalt få PSU i førperioden (eller, mer sannsynlig, at det normale ulykkestallet på denne strekningen er overestimert) og at resultatene uten Finstad derfor trolig er mer representative for virkningen av SATK. Resultatene er ikke statistisk signifikante. Statistisk signifikans er alltid oppgitt på 5%-nivå (i de fleste tabellene er det i tillegg oppgitt det aktuelle signifikansnivået). For å oppnå statistisk signifikans på dette nivået hadde datagrunnlaget måttet være omtrent fem ganger så stor som det som har vært tilgjengelig for evalueringen. Selv om ulykkesreduksjonen *kan* være et resultat av tilfeldigheter, er det konkludert at virkningen på antall PSU i størrelsesorden -12% til -22% trolig er en reell effekt av SATK.

For antall D+HS ble det funnet en reduksjon på 49% som er statistisk signifikant. Reduksjonen kan være på opptil 54% når man tar hensyn til at det har vært et svært høyt antall D+HS på én av SATK-strekningene (fem drepte i én ulykke i

Eiksundtunnel S) i førperioden, noe som har bidratt til en stor regresjonseffekt, og at regresjonseffektene i de øvrige tunnelene også kan være overestimert.

Forklaringen på at regresjonseffektene i tunnelene kan være overestimert, og at virkningene på både PSU og D+HS derfor muligens er noe underestimert, er at de fleste SATK-strekningene i tunnel ligger i bratte nedoverbakker, som medfører høy ulykkesrisiko, noe som det ikke var mulig å ta hensyn til i beregningen av normale ulykkestall. De normale ulykkestallene i førperioden, som er utgangspunkt for beregningen av regresjonseffekten, kan derfor være underestimert og de registrerte ulykkestallene i førperioden er derfor trolig i mindre grad unormalt høye (og regresjonseffektene dermed mindre) enn resultatene fra EB-evalueringen tyder på.

Som vurderingene rundt regresjonseffekter i tunnel og virkningen av to strekninger med unormalt få / mange ulykker i førperioden viser, finnes en del faktorer som tyder på at ulykkesreduksjonene som er funnet i EB-evalueringen kan være underestimert, men det er ikke funnet noe som tyder på at virkningene kan være overestimert. Heller ikke en sensitivitetsanalyse som har undersøkt virkningen av ulike valg som er gjort i forbindelse med beregningen av normale ulykkestall i EB-evalueringen tyder på at resultatene i stor grad er påvirket av slike valg.

Virkningen av SATK på antall PSU, og i enda større grad virkningen på antall D+HS, er større enn man ville forvente ut fra virkningen på fart. Dette tyder på at den positive effekten av fartsreduksjonen på vegger med SATK ikke blir «spist opp» av uheldige bivirkninger, for eksempel at førere er så fokusert på å holde farten at dette virker distraherende og øker ulykkesrisikoen.

SATK har minst like stor virkning i tunneler som på vegger i dagen

Resultatene for PSU tyder på at virkningen er større i tunneler enn på vegger i dagen. I EB-evalueringen ble det funnet en reduksjon på 17% i tunneler og en reduksjon på 12% på veg i dagen. Reduksjonen i tunnel kan være på opptil 25% når man tar hensyn til at regresjonseffektene i tunnel kan være overestimert. Reduksjonen på veg i dagen kan være på opptil 22% når man tar hensyn til at resultatene trolig er mer representative når man utelater Finstad hvor det har vært unormalt få PSU (eller et urealistisk høyt normalt antall PSU) i førperioden.

For D+HS ble det i EB-evalueringen funnet omtrent like store virkninger i tunneler og på veg i dagen. Maksimumsanslaget i tunnel (-59%) i figur S.1 er basert på antakelsen at regresjonseffekten i tunnelene er like stor som på veg i dagen. Anslaget er beregnet ut fra virkningen i alle tunnelene (antall D+HS i Eiksundtunnel S er satt lik én istedenfor fem) uten kontroll for regresjonseffekt, og denne virkningen er redusert med regresjonseffekten som ble funnet på veg i dagen.

Selv om de fleste resultatene tyder på at SATK har større virkning i tunnel enn på veg i dagen, er ikke alle resultatene like konsistente og forskjellene er innenfor det man kan forvente som et resultat av tilfeldigheter. Også fartsreduksjonene som ble funnet av Ragnøy (2011, 2013) er i gjennomsnitt omtrent like store i tunneler som på veg i dagen. Man kan derfor ikke konkludere at virkningen er større i tunneler enn på veg i dagen, selv om den kan være det.

De fleste SATK-strekningene i tunnel har SATK kun i én kjøreretning, mens de fleste SATK-strekninger på veier har SATK i begge kjøreretningene. Man kan forvente at SATK i begge kjøreretninger har større virkning enn SATK i én kjøreretning. SATK er imidlertid i de fleste tunnelene installert i nedoverbakker og SATK i oppoverbakkene ville neppe ha samme effekt som i nedoverbakkene.

SATK reduserer antall PSU også nedstrøms for SATK-strekningene

En analyse av virkningen av SATK på antall ulykker på strekninger nedstrøms (med trafikkretningen) for SATK-strekningene (3 km i hver retning) med de samme metodene som ble brukt i evalueringen av virkningen av SATK på SATK-strekningene, har vist at antall PSU er redusert med 46%. Resultatet er statistisk signifikant. Antall D+HS på nedstrømsstrekningene er for lite for å kunne trekke noen konklusjoner. Dette tyder på at SATK har en ulykkesreducerende effekt også nedstrøms for SATK-strekningene og at det er lite sannsynlig at (mange) førere kompensere for fartsreduksjonen på SATK-strekningen ved å kjøre fortere enn de ellers hadde gjort etterpå.

Summary:

Evaluation of the crash effects of section control

TOI Report 1339/2014

Author: Alena Høy

Oslo 2014, 45 pages Norwegian language

A before-after empirical Bayes evaluation of section control at 14 sites in Norway found a reduction of the number of injury crashes by between 12 and 22% and a statistically significant reduction of the number of killed or severely injured road users (KSI) by between 49 and 54%. The results refer to the section of road between the two cameras. Downstream of the section control sites (3 km in each direction) injury crashes were found to be significantly reduced by 46%. The number of KSI downstream of the section control sites is too small for drawing any conclusions. The study has controlled for trend, volumes, speed limit changes at some of the sites and speed cameras at some of the sites in the before period. Regression to the mean is controlled for by using the empirical Bayes method which takes into account that exceptionally high crash numbers in the before period usually are associated with a reduction of the number of crashes in the after period, even without any effective safety measure. Eight of the section control sites are in tunnels. The results indicate that the crash reductions in tunnels are at least of the same magnitude as on open roads. Most tunnel sites have section control in only one direction. These are for the most part steep downhill sections in subsea tunnels. At such sites the number of injury crashes may be reduced by up to 25% and the number of KSI may be reduced by up to 59%.

The effects of section control on injury crashes and on the number of KSI was investigated in a before-after empirical Bayes (EB) evaluation. Each section control site consists of a stretch of road between two speed cameras (four speed cameras at sites with bidirectional section control), both of which take pictures of all passing vehicles in one direction with automatic license plate recognition. Average speed is calculated from the times at which the first and second camera is passed. Drivers of vehicles with an average speed above the speed limit may be prosecuted.

The study has controlled for trend, volumes, speed limit changes at some of the sites, speed cameras at some of the sites in the before period, and regression to the mean (RTM). Additionally, the effects of section control were estimated without control for RTM. Figure S.1 shows the results from the EB-evaluation and additionally maximum estimates of the crash effects that are based on findings indicating that some of the crash reductions that were found in the EB-evaluation may be underestimated. Effects of RTM may be underestimated in tunnels, the results for injury crashes may be more representative when one of the open road sites (Finstad) is omitted and one of the tunnel sites had an exceptionally high number of KSI in the before period (Eiksund S) which was adjusted to one in a sensitivity test.

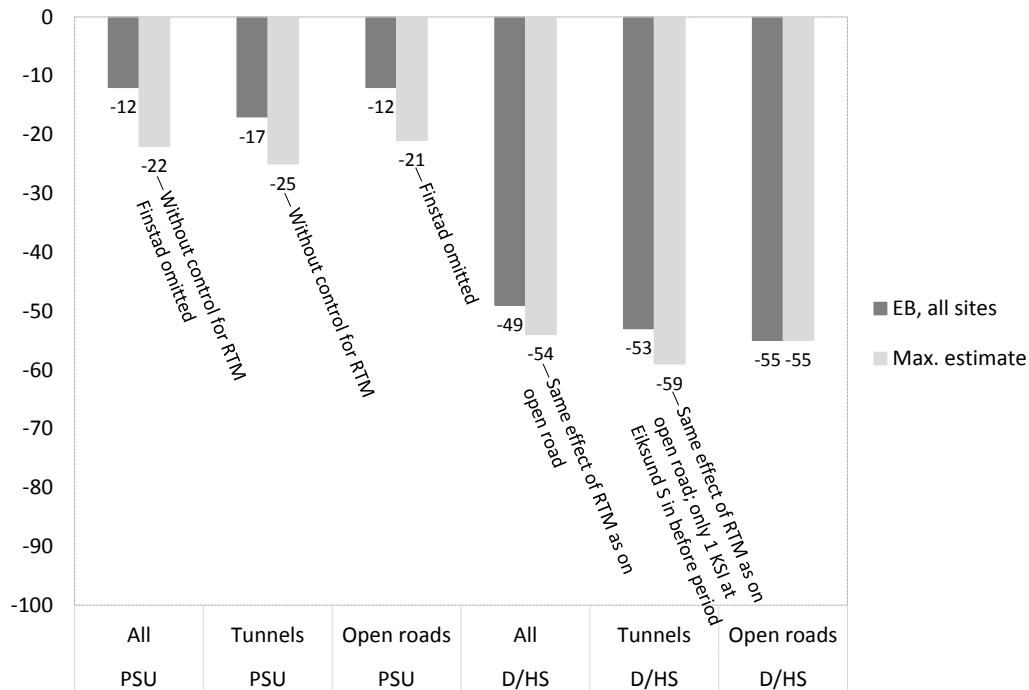


Figure S.1: Effects of section control on injury crashes and KSI, results from the EB evaluation, based on all sites, and maximum estimates, based on assumptions that some of the EB effects may be underestimated.

Description of sites and study design

The evaluation is based on 14 section control sites in Norway, eight of which are in tunnels. Seven of the tunnel sites are in subsea tunnels. Only sites where section control was installed in 2012 or earlier are included in the evaluation. Most sites have an 80 km/h speed limit, two lanes and volumes between an AADT of 1800 and 14000 (mean AADT = 6400) in the before period. At eight of the sites there were speed cameras in the before period. The evaluation takes into account the assumed crash effects of the speed cameras. The results refer therefore to the effects of section control at sites without camera enforcement in the before period. The length of the before period is three years at all sites. The length of the after period varies, depending on the date of installation. All after periods start in the third month after installation and end at the latest in the end of 2013. The average length of the after periods is 1.8 years.

In order to control for effects of RTM and other potential confounding factors the main part of the evaluation has been conducted with the empirical Bayes (EB) method. This method compares the observed crash numbers in the after period with the expected crash numbers. Expected crash numbers in the after period are those that are most likely when taking into account the observed crash numbers in the before period, RTM and general changes from the before- to the after period. RTM occurs in before-after studies when the observed number of crashes in the before period has been exceptionally high (or low). Crash numbers in the after period are then most likely to be closer to the long term average crash number, i.e. smaller than in the before period, even without any effective safety measures. Other factors that are controlled for are period length, trend effects, volume changes (including the general relationship between volumes and crashes), speed limit changes at some of the sites, and speed cameras at some of the sites in the before period. In order to estimate the size of the effects of RTM the results of the EB evaluation are compared to the results from a before-after study that has controlled for the same factors as the EB-evaluation, except RTM.

Section control reduces injury crashes and, even more, KSI

Injury crashes were found to be reduced by 12% in the EB-evaluation. They may be reduced by up to 22% when taking into account that effects of RTM in tunnels may be overestimated and that one of the open road sites (Finstad) had exceptionally few injury crashes (or, rather, an overestimated predicted number of injury crashes) in the before period, and that the results therefore may be more representative when this site is omitted. The results are not statistically significant at the 5 percent level. In order to become statistically significant, data from at least five times as many sites would have had to be available.

KSI were found to be reduced by 49% in the EB evaluation. The result is statistically significant. KSI may be reduced by up to 54% when taking into account that one of the tunnel sites (Eiksund S) had an exceptionally high number of KSI in the before period (five fatalities in one crash) and that the effects of RTM at the remaining tunnel sites may be overestimated.

The effects of RTM in tunnels may be overestimated, and the estimated crash reductions in tunnels therefore underestimated in the EB-evaluation, because the predicted crash numbers in the before period (which are the base of comparison for estimating effects of RTM) most likely are underestimated. Most tunnel sites are on steep downhill grades and the crash prediction models that have been used to calculate the predicted crash numbers in the before period do not include the degree of vertical grade as a predictor variable. Steep downhill grades were in other studies found to be strongly associated with a high risk for crashes, especially serious crashes.

As shown in the discussion of the effects of RTM in tunnels and the effects of two sites with especially high / low crash numbers in the before period, there are several factors that indicate that the crash reductions that were found in the EB-evaluation may be underestimated, but no specific factors could be identified that indicate that the crash effects are likely to be overestimated. A sensitivity analysis that has investigated the effects of several choices that were made when calculating predicted crash numbers in the before period did not indicate that the results are affected by such choices to a large degree.

The estimated effects of section control on injury crashes and, even more, those on KSI, are larger than one would have expected based on the effects of section control on speed that were found at several of the sites included in this evaluation. This indicates that it is unlikely that the positive effects of section control on speed are counteracted by unfavourable side effects, such as drivers getting distracted by the task of monitoring their speed.

The effects of section control in tunnels are of about the same magnitude or larger in tunnels compared to open roads

The results indicate that section control has greater effects on injury crashes in tunnels than on open roads. Injury crashes were found to be reduced by 17% in tunnels and by 12% on open roads. In tunnels, injury crashes may be reduced by up to 25% when taking into account that effects of RTM in tunnels may be overestimated. However, on open roads injury crashes may be reduced by up to 21% when Finstad is omitted, which is the site with exceptionally few injury crashes (or an overestimated predicted number of injury crashes) in the before period.

For KSI the effects that were found in tunnels are similar to those found on open roads. The maximum estimate in tunnels (-59%) in figure S.1 is based on the assumption that the effect of RTM is the same in tunnels as on open roads. The maximum estimate is calculated as the effect without control for RTM on all sites (with the number of KSI at Eiksund S set equal to one instead of five), minus the effect of RTM on open roads, which is 11 percentage points.

Although most results indicate some difference between the effects of section control in tunnels and on open roads, the results are not quite consistent and all effects are within each other's confidence intervals and the differences may therefore be due to chance. The speed reductions that were found by Ragnøy (2011, 2013) are also of about the same magnitude in tunnels and on open roads. It is therefore not possible to conclude that section control has greater effects in tunnels than on open roads.

Most sites have section control in only one direction, while most sites on open roads have section control in both directions. One might expect that bidirectional section control has greater effects than unidirectional section control. However, most tunnel sites are on steep downhill grades and it is unlikely that section control may have a considerable effect on steep uphill sections. It is therefore not possible to conclude that section control might have greater effects in tunnels when installed in both directions.

Section control reduces injury crashes downstream of the section control sites

The effects of section control on stretches of road 3 km downstream of the section control sites were evaluated with the same methods as at the section control sites. Injury crashes were found to be significantly reduced by 46%. The number of KSI on the downstream sites is too small for drawing any conclusions. The results indicate that section control has a crash reducing effect even downstream of the enforcement sites and that it is unlikely that (many) drivers compensate for the speed reductions on the section control sites by speeding up more than they otherwise would have done afterwards.

1 Innledning

Streknings-ATK (SATK) finnes ved inngangen til 2014 på 23 geografiske steder med 44 SATK-anlegg i Norge. De to første strekningene med SATK var Rosten-Brennhaug på Ev 6 i Oppland og Dørdal-Gjerdemyra syd på Ev 18 i Telemark. Begge strekningene fikk SATK i 2009.

Virkningen av SATK på fart er blitt undersøkt av Ragnøy (2011, 2013). Begge studiene viste at installering av SATK medfører store fartsreduksjoner og at andelen store overtredelser av fartsgrensen er redusert til nesten null. Ut fra fartsreduksjonene har Ragnøy (2013) estimert at antall ulykker kan være redusert med mellom 11 og 20%. Også internasjonale studier har vist at SATK reduserer både gjennomsnittsfarten og 85-persentilen av fart som regel til litt under fartsgrensen (Soole et al., 2013).

En meta-analyse av studier som har undersøkt virkninger av SATK på antall ulykker (Høye, 2014A) har funnet en gjennomsnittlig reduksjon av antall personskadeulykker (PSU) på 30% og en reduksjon av antall drepte eller hardt skadde (D+HS) på 56%. Resultatene er imidlertid kun basert på fire studier med varierende metodisk kvalitet.

Denne rapporten beskriver en evaluering av 14 SATK-strekninger i Norge som ble installert før 2013. Hoveddelen av evalueringen er basert på den empiriske Bayes (EB) metoden. Denne metoden ansees i dag som den beste for å gjennomføre før-etter evalueringer med kontroll for regresjonseffekter (Elvik, 2008). I tillegg er virkningen av SATK beregnet med to andre metoder for å vise hvilken effekt regresjonseffekter og andre endringer over tid kan ha hatt på endringene av ulykkestallene fra før- til etterperioden. Formålet med evalueringen er å undersøke virkningen av SATK på antall PSU og D+HS, med best mulig kontroll for regresjonseffekter og andre forstyrrende faktorer. I tillegg er virkningen av SATK sammenlignet mellom strekninger i tunnel og på veg i dagen. Endelig er virkningene sammenlignet med virkningene på fart som ble funnet av Ragnøy (2011, 2013).

2 Metodisk opplegg for evalueringen

Dette kapitlet beskriver de ulike forsøksoppleggene som er brukt i evalueringen av SATK, inkludert den empiriske Bayes metoden, hvordan influensområder for SATK og før- og etterperiodene er definert og hvilke skadegrader som inngår i evalueringen.

2.1 Forsøksopplegg for før-etter studier

Virkingen av SATK på antall ulykker er undersøkt i før-etter studier (FE studier) med ulike forsøksopplegg. SATK installeres i utgangspunktet på strekninger med mange (alvorlige) ulykker. En enkel FE undersøkelse, med eller uten kontrollgruppe, vil derfor trolig finne ulykkesreduksjoner etter installeringen av SATK som i større eller mindre grad forklares med en regresjonseffekt. En regresjonseffekt oppstår når ulykkestallet i en periode har vært unormalt høyt. Ulykkestallet vil derfor mest sannsynlig ligge nærmere gjennomsnittet - og dermed være lavere - i en etterfølgende periode.

Den empiriske Bayes (EB) metoden er den metoden som i dag anses som den beste for å undersøke virkninger av trafikksikkerhetstiltak i FE studier med kontroll for regresjonseffekter (Elvik, 2008). I motsetning til de fleste andre forsøksopplegg for FE studier tar denne metoden hensyn til at tilfeldig høye ulykkestall i førperioden som regel medfører en nedgang av antall ulykker i etterperioden, selv om ingen effektive tiltak settes inn. Hoveddelen av denne studien er derfor en EB studie. I tillegg er virkingen av SATK beregnet med to alternative (enklere og svakere) forsøksopplegg for å vise i hvilken grad generelle endringer over tid og regresjonseffekter har påvirket endringene av ulykkestallene på SATK-strekningene. Virkingen av SATK er i denne studien beregnet med de følgende forsøksoppleggene:

- **FE studie uten kontrollgruppe:** Dette er den enkleste beregningsmåten. Det er kun kontrollert for endringer av trafikkarbeidet fra før- til etterperioden (som er en funksjon av trafikkmengden og før- og etterperiodenes lengde), men ikke for noen av faktorene som er kontrollert for i de to andre forsøksoppleggene. Metoden er beskrevet i avsnitt 2.1.1.
- **FE studie med kontrollgruppe:** Med dette forsøksopplegget kontrolleres i tillegg til endringer av trafikkarbeidet fra før- til etterperioden også for generelle endringer av ulykkesrisikoen over tid og konkrete endringer på SATK-strekningene (trafikkmengdeendringer, fartsgrenseendringer på noen SATK-strekninger og installering av punkt-ATK (PATK) på noen av SATK-strekningene i førperioden), men ikke for regresjonseffekter. Metoden er beskrevet i avsnitt 2.1.2.
- **EB-evaluering:** Dette er den mest avanserte metoden som kontrollerer for de samme faktorene som FE studien med kontrollgruppe, og i tillegg for regresjonseffekter. Metoden er beskrevet i avsnitt 2.1.3.

2.1.1 Før-etter studie uten kontrollgruppe

Med dette forsøksopplegget kontrolleres kun for endringer av trafikkarbeidet på SATK-strekningene fra før- til etterperioden. Siden det ikke er kontrollert for verken andre endringer eller regresjonseffekter er dette det svakeste metodiske opplegget i denne studien. Formålet er i hovedsak å vise i hvilken grad andre endringer og regresjonseffekter har påvirket ulykkestallene på SATK-strekningene ved å sammenligne resultatene med resultater fra FE studien med kontrollgruppe og EB-evalueringen.

Virkingen av SATK på antall ulykker beregnes som forholdet mellom ulykkesrisiko i førperioden og ulykkesrisiko i etterperioden (ulykkesrisiko er registrert ulykkestall, delt på antall kjøretøykilometer):

$$Effekt = \frac{\frac{\sum_i Reg_e}{\sum_i Kjt.km_e}}{\frac{\sum_i Reg_f}{\sum_i Kjt.km_f}}$$

Reg_e og Reg_f er det registrerte ulykkestall i henholdsvis etter- og førperioden.

$Kjt.km_e$ og $Kjt.km_f$ er antall kjøretøykilometer i henholdsvis etter- og førperioden, som er en funksjon av trafikkmengden og før- og etterperiodenes lengde.

i er indeks for SATK-strekningene.

Effekt er den relative ulykkesrisikoen i etterperioden (i forhold til ulykkesrisikoen i førperioden). Den prosentvise virkingen av SATK på antall ulykker er $(Effekt - 1) * 100\%$. Hvis den relative ulykkesrisikoen for eksempel er 0,85 er den prosentvise reduksjonen av ulykkesrisikoen $(0,85 - 1) * 100\% = -15\%$. For SATK-strekninger med null ulykker i etterperioden er den relative ulykkesrisikoen null, og den prosentvise reduksjonen $(0 - 1) * 100\% = -100\%$.

Konfidensintervallet (KI) for effekten er beregnet som følgende etter Christensen (1990) på et 5% signifikansnivå:

$$KI = e^{Ln(Effekt) \pm 1,96 * SD}$$

Standardavviket (SD) er beregnet som

$$SD = \sqrt{\frac{1}{\sum_i Reg_e} + \frac{1}{\sum_i Reg_f}}$$

2.1.2 Før-etter studie med kontrollgruppe

Med dette forsøksopplegget kontrolleres for

- endringer av trafikkarbeidet på SATK-strekningene og sammenhengen mellom trafikkmengde og ulykkestall
- generelle endringer over tid
- konkrete endringer på SATK-strekningene

Med dette forsøksopplegget sammenlignes de registrerte ulykkestallene i etterperioden med de ulykkestallene i etterperioden som man ville forvente hvis ulykkestallene fra førperioden hadde endret seg på samme måte som de normale ulykkestallene med justering for endringer av fartsgrenser og trafikkarbeid, PATK og generell trend som er lagt til grunn for beregningen av de forventede ulykkestallene i EB-evalueringen. «Kontrollgruppen» er med andre ord ulykkene på alle europa-, riks- og fylkesvegene i Norge som er lagt til grunn for beregningen av ulykkesmodellene. Kontrollgruppen er imidlertid ikke brukt på tradisjonelt vis, men for å beregne, ved hjelp av multivariate modeller, den gjennomsnittlige endringen av ulykkestallene på strekninger med de samme egenskapene, den samme trafikkmengden og de samme endringene som på SATK-strekningene. Virkningen av SATK på antall ulykker er beregnet som:

$$Effekt = \frac{\sum_i Reg_e}{\sum_i (Reg_f * \frac{N.justert_e}{N.justert_f})}$$

Reg_e og **Reg_f** er det registrerte ulykkestall i henholdsvis etter- og førperioden.

N. justert_f er det normale ulykkestall i førperioden med justering for fartsgrenseendringer og PATK (som beskrevet i avsnitt 2.1.3).

N. justert_e er beregnet ut fra N. justert før, og det er tatt hensyn til endringer av trafikkmengden fra før- til etterperioden, sammenhengen mellom trafikkmengde og antall ulykker (som beskrevet i avsnitt 2.1.3) og etterperiodenes lengde.

i er indeks for SATK-strekningene.

Effekt er det relative antall ulykker i etterperioden (i forhold til det antallet som hadde vært forventet ut fra antall ulykker i førperioden når man tar hensyn til alle faktorene som er kontrollert for). Den prosentvise endringen av antall ulykker er, som beskrevet under 2.1.1, $(Effekt - 1) * 100\%$.

Konfidensintervallet (KI) for effekten er beregnet etter Christensen (1990) med et signifikansnivå på 5%:

$$KI = e^{\ln(Effekt) \pm 1,96 * SD}$$

Standardavviket (SD) er beregnet som

$$SD = \sqrt{\frac{1}{\sum_i Reg_e} + \frac{1}{\sum_i (Reg_f * \frac{N.justert_e}{N.justert_f})}}$$

Den eneste forskjellen til EB-evalueringen er at det ikke er kontrollert for regresjonseffekter. Formålet med effektberegningen i en før-etter studie med kontrollgruppe er i hovedsak å vise i hvilken grad regresjonseffekter har påvirket endringene av ulykkestallene på SATK-strekningene.

2.1.3 Empirisk Bayes (EB) metode

EB-metoden sammenligner det registrerte ulykkestallet i etterperioden (med tiltak) med et forventet ulykkestall. Det forventede ulykkestallet i etterperioden beregnes som en funksjon av:

- Det forventede antall ulykker i førperioden som er en funksjon av

- det registrerte antall ulykker i før-perioden
- det normale antall ulykker i før-perioden som estimeres med en ulykkesmodell
- Den gjennomsnittlige endringen av antall ulykker på lignende strekninger fra før- til etterperioden

Med det normale ulykkestall menes det antall ulykker som i gjennomsnitt skjer på strekninger med de samme vegegenskapene og den samme trafikkmengden (i forhold til strekningslengden og tidsrommet) som ATK-strekningene.

Det forventede ulykkestallet i etterperioden er det antall ulykker som man kan forvente når man tar hensyn til at ulykkestallet i førperioden kan ha vært tilfeldig høyt (dermed vil det være kontrollert for regresjonseffekter) og til at antall ulykker generelt endrer seg over tid. Ved å sammenligne det forventede og det registrerte ulykkestallet i etterperioden vil man finne virkningen av ATK med kontroll for regresjonseffekter og generelle endringer over tid. Hvordan normale og forventede ulykkestall og virkninger av ATK beregnes er beskrevet i det følgende og mer detaljert i TØI-arbeidsdokument 50535 (Høye & Sagberg, 2014).

Fremgangsmåten for å estimere virkningen av SATK på antall ulykker med EB-metoden er beskrevet i det følgende. I formlene er de følgende forkortelsene benyttet:

Reg_f er det registrerte ulykkestall på strekningen i førperioden

Reg_e er det registrerte ulykkestall på strekningen i etterperioden

N_f er det normale ulykkestall i førperioden

N_e er det normale ulykkestall i etterperioden

N_i er det normale ulykkestall i år i

F_f er det forventede ulykkestall i førperioden

F_e er det forventede ulykkestall i etterperioden

w er vekten

φ er overspredningsparameteren

Registrerte ulykkestall

Det registrerte antall ulykker i før- og etterperioden (Reg_f og Reg_e) er hentet fra STRAKS-registeret for alle SATK-strekningene, fra alle år som inngår i før- eller etter-perioden.

Normale ulykkestall

Normale ulykkestall i førperioden (N_f) er beregnet som følgende:

- **Modellberegninger:** For hver SATK-strekning beregnes det normale ulykkestallet i førperioden med hjelp av ulykkesmodellen. For strekninger på veger i dagen benyttes ulykkesmodellene som er beskrevet i Høye (2014B). For strekningene i tunnel benyttes ulykkesmodellene som er beskrevet i Vedlegg 1. De modellberegnete ulykkestallene gjelder normale ulykkestall i 2008 og den gjennomsnittlige trafikkmengden i de tre årene i førperioden. Fartsgrensen som legges til grunn er den som gjelder i begynnelsen av førperioden. Modellberegningene tar ikke hensyn til fartsgrenseendringer i førperioden, PATK eller endringer over tid.
- **Fartsgrenseendringer:** For å ta hensyn til fartsgrenseendringer i førperioden på fire av SATK-strekningene beregnes fartsgrense-justerte normale ulykkestall som

$$N_{f, fgr\text{justert}} = N_f * (\text{andel med } fgr.a) + N_f * (\text{andel med } fgr.b) * fgr.\text{effekt}$$

Andel med fartsgrense a er andelen av førperioden med den opprinnelige fartsgrensen, **andel med fartsgrense b** er andelen av førperioden med den nedsatte fartsgrensen og **fgr.effekt** er den estimerte virkningen av fartsgrensereduksjonen på antall ulykker. Denne er beregnet ut fra den antatte endringen av gjennomsnittsfarten og sammenhengen mellom gjennomsnittsfart og antall ulykker. Den antatte endring av gjennomsnittsfarten er beregnet som en funksjon av fartsgrensereduksjonen med hjelp av en formel som er utviklet av Elvik (2012). Ifølge denne formelen medfører en reduksjon av fartsgrensen på 10 km/t i gjennomsnitt en reduksjon av gjennomsnittsfarten på 3,6 km/t. I mangel på informasjon om den faktiske gjennomsnittsfarten før fartsgrenseendringene ble gjennomsnittsfarten før fartsgrenseendringen satt lik fartsgrensen. Virkningen av redusert gjennomsnittsfart på antall ulykker, skadde og drepte er estimert med hjelp av potensmodellen (Elvik, 2009).

- **PATK:** Åtte av SATK-strekningene hadde PATK før SATK ble installert. Justeringen av de normale ulykkestall for PATK gjøres prinsipielt på samme måte som justeringen for fartsgrenseendringer. Andelen av førperioden med PATK beregnes ut fra når PATK ble installert og ut fra hvilken andel av hele SATK-strekningen som har vært påvirket av PATK. Det forutsettes at PATK virker på en strekning på 1 km lengde. Virkningen av PATK er estimert til en reduksjon av antall PSU på 16% og en reduksjon av antall D+HS på 30% (Høye, 2014A).
- **Trendjustering:** De normale ulykkestallene med justering for fartsgrenseendringer og PATK justeres til de aktuelle årene i førperioden ved at én tredjedel av det normale ulykkestall trendjusteres til det første året i førperioden, én tredjedel til det andre året og én tredjedel til det siste året i førperioden. Trendjusteringen gjøres med hjelp av trendfaktoren som er utviklet av Høye (2014B).

Normale ulykkestall i etterperioden (N_e) er beregnet som følgende:

- **Justerte normale ulykkestall fra førperioden:** Det tas utgangspunkt i de normale ulykkestall for hver SATK-strekning som er beregnet i førperioden, gjeldende for ett år, uten trendjustering, og med justering for fartsgrenseendringer og PATK i hele ett-års perioden.

- **Trafikkmengde:** De fartsgrense- og PATK-justerte normale ulykkestallene fra førperioden justeres til den gjennomsnittlige trafikkmengden i etterperioden. Dette gjøres som beskrevet i Høye (2014B), ved hjelp av modellkoeffisientene for $\ln(\text{ÅDT})$ og $\ln(\text{ÅDT})^2$, slik at man tar hensyn til sammenhengen mellom ÅDT og antall ulykker. Eksempelvis medfører en økning av trafikkmengden på 10% ifølge modellen i gjennomsnitt en økning av antall PSU på 9,8% og en økning av antall D/HS på 8,0% når ÅDT i utgangspunktet er 2000. Når ÅDT i utgangspunktet er 15,000 medfører den samme prosentvise økningen av trafikkmengden en økning av antall PSU på 9,2% og en økning av antall D/HS på 5%.
- **Trendjustering:** De normale ulykkestallene (med justering for fartsgrenseendringer, PATK og trafikkmengde) omregnes for hver SATK-strekning til de respektive etterperiodene (alle SATK-strekninger har forskjellige etterperioder) som sum av normale ulykkestall for hvert år som inngår i etterperioden. Det normale ulykkestallet for hvert år i etterperioden beregnes som produkt av (1) antall måneder i det aktuelle året delt på 12 (måneder), (2) trendfaktoren for det aktuelle året (Høye, 2014B) og (3) det normale ulykkestall (med justering for fartsgrenseendringer, PATK og trafikkmengdeendring) fra førperioden som gjelder ett år (forrige punkt).

Informasjon som er nødvendig for å beregne normale ulykkestall, samt kildene, er oppsummert i det følgende (normale ulykkestall beregnes kun i førperioden):

- **Strekningslengde:** Hele strekningen mellom de to ytterste fotoboksene (se avsnitt 2.2).
- **Antall år:** Førperioden er alltid tre hele år (januar til desember). Etterperioden er på minst ett og maksimalt tre år, alle etterperioden begynner i den tredje måneden etter installering av SATK.
- **Vegegenskaper** (bl.a. fartsgrense, antall kjørefelt, vegkategori): For de fleste vegegenskaper foreligger informasjon fra en datafil som er basert på NVDB og som ble utviklet av Høye (2014B) i forbindelse utvikling av ulykkesmodeller for riks- og fylkesvegnettet i Norge. Om fartsgrensen, inkludert fartsgrenseendringer, foreligger informasjon fra Vegdirektoratet.
- **Trafikkmengde:** Informasjon om trafikkmengden foreligger fra Vegdirektoratet. I de tilfellene hvor det ikke foreligger informasjon fra hvert år som inngår i evalueringen er trafikkmengden trendjustert med en fylkesindeks.

Overspredningsparameter

Overspredningsparameteren ϕ er en parameter som viser, forenklet sagt, hvor stor spredningen av de registrerte ulykkestallene rundt de normale ulykkestallene er. Overspredningsparameteren brukes i beregningen av det forventede ulykkestall i førperioden. Jo mindre overspredningsparameteren er, desto nærmere vil det forventede antall ulykker være det registrerte antallet og omvendt.

Overspredningsparameteren er beregnet sammen med de normale ulykkestall i førperioden med hjelp av ulykkesmodellene for en treårsperiode med trendjustering til det midterste år i før-perioden. For å teste hvilken effekt trendjusteringen av overspredningsparameteren har på resultatene er det beregnet en sammenlagt EB-effekt av SATK på PSU og D+HS (1) med overspredningsparametre som er beregnet som beskrevet ovenfor og (2) med overspredningsparametre som er trendjustert til året 2008. Når overspredningsparameteren trendjusteres til 2008 for alle SATK-strekningene er den sammenlagte effekten uendret for PSU og 0,8% lavere for D+HS enn når overspredningsparameteren er beregnet som beskrevet ovenfor. Dette viser at trendjustering av overspredningsparameteren har kun en svært liten effekt på resultatene og at det derfor ikke er noe problem at overspredningsparameteren ikke er trendjustert for hvert enkelt år.

Forventede ulykkestall i før- og etterperioden

Det forventede antall ulykker i **førperioden** F_f beregnes ifølge Hauer et al. (2002) som:

$$F_f = w * N_f + (1 - w) * R_f$$

Vekten w har som formål å vekte sammen det normale og det registrerte ulykkestallet. Dermed ligger det forventede ulykkestallet i førperioden alltid mellom normalt og registrert ulykkestall, jo nærmere det normale ulykkestallet desto færre ulykker som normalt skjer på strekningen. I denne studien ligger det forventede antall PSU i førperioden nærmest det registrerte antall PSU, mens det forventede antall D+HS i førperioden for det meste ligger nærmere det normale antall D+HS. Vekten er en funksjon av overspredningsparameteren og normalt ulykkestall i førperioden:

$$w = \frac{1}{1 + \frac{N_f}{\phi}}$$

Det forventede antall ulykker i **etterperioden** F_e er en funksjon av det forventede antall ulykker i førperioden og forholdet mellom det normale antall ulykker i etter- vs. i førperioden:

$$F_e = F_f * \frac{N_e}{N_f}$$

I motsetning til det forventede ulykkestall i førperioden ligger det forventede ulykkestall i etterperioden ikke nødvendigvis mellom normalt og registrert ulykkestall. I denne studien er det forventede ulykkestall i etterperioden som regel høyere enn både normalt og registrert ulykkestall (se forklaring i avsnitt 4.4).

Standardavviket SD av F_e som brukes i beregningen av sammenlagte effekter og konfidensintervall beregnes som:

$$SD(F_e) = \frac{N_e}{N_f} * \sqrt{1 - w * N_f}$$

Beregningen av standardavviket er som forklart av Hauer et al. (2002), med den forskjellen at standardavviket her er vektet med den forventede endringen av det normale antall ulykker fra før- til etterperioden. Uten denne vektingen (kun rot-uttrykket i formelen for SD) får man standardavviket for det forventede antall ulykker i førperioden. Standardavviket er null når det er null ulykker på strekningen i etterperioden.

Effektberegning for enkelte strekninger

En forenklet, men dessverre skjev (biased), måte å beregne den estimerte effekten av ATK på én ATK-strekning hadde ifølge (Hauer, 1997, sitert etter Persaud et al., 2001) vært:

$$Effekt = \frac{Reg_e}{F_e}$$

Effekten av ATK på én strekning lar seg (uten skjevhet, unbiased) ifølge Hauer (1997, sitert etter Persaud et al., 2001 og Persaud et al., 2005) beregne som følgende:

$$Effekt = \frac{\frac{Reg_e}{F_e}}{1 + \frac{Var(F_e)}{F_e^2}}$$

Det er ingen store forskjeller mellom den skjeve og den mer korrekte effektberegningen når flere strekninger og mange ulykker inngår i evalueringen. For enkelte strekninger derimot kan det være store forskjeller mellom resultatene fra den forenklete og den mer korrekte effektberegningen.

Konfidensintervall: Konfidensintervallet (KI) for effekten (med et 5% signifikansnivå) er:

$$KI = Effekt \pm 1,96 * SD(Effekt)$$

SD(Effekt) er kvadratrot av variansen til effekten. Variansen til effekten på én strekning (**Var(Eff)**) er ifølge Hauer (1997, sitert etter Persaud et al., 2001 og Persaud et al., 2005):

$$Var(Eff) = Eff^2 * \frac{\frac{1}{Reg_e^2} + \frac{Var(F_e)}{F_e^2}}{\left(1 + \frac{Var(F_e)}{F_e^2}\right)^2}$$

Sammenlagt effekt av ATK på flere strekninger

Den sammenlagte effekten beregnes som en funksjon av de registrerte og forventede ulykkestallene, samt variansen av disse, på de enkelte strekningene. Det er følgelig ikke nødvendig å beregne effekter på enkelte strekninger, noe som i mange tilfeller ikke vil være mulig (på strekninger med null ulykker i etter-perioden er det ikke mulig å beregne effekten). Den sammenlagte effekten på flere strekninger (**SamEff**) beregnes ifølge Hauer (1997, sitert etter Persaud et al., 2005) på samme måte som effekten på én strekning, med den forskjellen at summene av alle de registrerte og forventede ulykkestallene brukes i formelen:

$$SamEff = \frac{\frac{\sum Reg_e}{\sum F_e}}{1 + \frac{Var(\sum F_e)}{\sum F_e^2}}$$

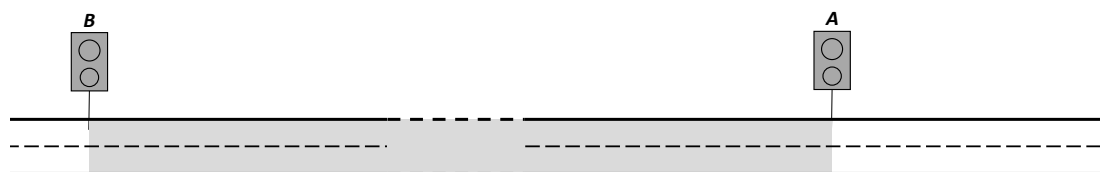
Variansen til effekten på flere strekninger (**Var(SamEff)**) beregnes ifølge Hauer (1997, sitert etter Persaud et al., 2005) som variansen av effekten på en strekning, med den forskjellen at summene av alle de registrerte og forventede ulykkestallene brukes i formelen og at brøken som inneholder det registrerte antall ulykker er annerledes:

$$Var(SamEff) = SamEff^2 * \frac{\frac{Var(Reg_e)}{(\sum Reg_e)^2} + \frac{Var(\sum F_e)}{\sum F_e^2}}{\left(1 + \frac{Var(\sum F_e)}{\sum F_e^2}\right)^2}$$

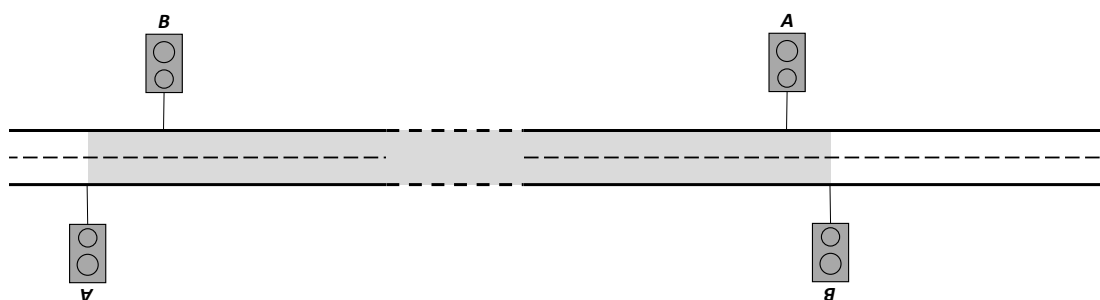
2.2 Influensområder og kjøreretninger

Influensområde for SATK, dvs. strekningen som inngår i evalueringen, er hele strekningen mellom fotoboksene som vist i figur 2.3.1. Fotoboksene i motsatte kjøreretninger står som regel ikke på nøyaktig samme kilometer. Derfor er influensområdet definert som hele strekningen mellom de to ytterste fotoboksene. På SATK-strekningene med fartskontroll i begge retninger er den gjennomsnittlige avstanden mellom to fotobokser i motsatt kjøreretning kun ca. 50 meter og det vil følgelig kun være en liten andel av hele strekningen som strengt tatt kun er influensområde for én av kjøreretningene.

SATK i én kjøreretning



SATK i begge kjøreretninger



Figur 2.3.1: Influensområder for SATK i én og to kjøreretninger. Influensområdet i grå.

Nesten halvparten av SATK-strekningene har kontroll kun i én kjøreretning. En gjennomgang av ulykkene i STRAKS viser at det ikke er mulig å ta ulykkene hvor kun kjøretøy som hadde kjørt i kjøreretningen uten SATK ut av evalueringen. For det første mangler informasjon om kjøreretning i over halvparten av ulykkene. For det andre er det uklart hvordan møteulykker ved en slik fremgangsmåte skulle ha vært behandlet og om kun de ulykkene hvor det kjøretøyet som var utløsende for ulykkene har kjørt i SATK-retningen skulle ha vært med eller om alle møteulykker skulle ha vært med. Det hadde uansett medført en del metodiske problemer å redusere datagrunnlaget på denne måten. Bl.a. er det ikke mulig med den eksisterende ulykkesmodellen å beregne normale ulykkestall kun for enkelte ulykkestyper.

2.3 Før- og etterperiodene

Førperioden er for alle SATK-strekningene på tre år, begynner i januar og slutter i slutten av desember året for installeringsåret for SATK. Etterperioden er for alle SATK-strekningene minst ett helt år og maksimalt tre hele år. Alle etterperiodene slutter dermed i desember 2013, unntatt for de to strekningene hvor SATK ble installert i 2009; for disse slutter etterperiodene i 2012. Etterperiodene begynner for hver strekning i begynnelsen av den tredje måneden etter installeringsmåneden (for eksempel begynner etterperioden den 1. august hvis SATK ble installert i midten av mai). Dette er gjort for å øke datagrunnlaget (som i utgangspunktet er forholdsvis lite). En ulempe med at ikke alle etterperiodene omfatter kun hele år (12-måneders-perioder) er at det kan oppstå skjevheter fordi ulykkene ikke er helt jevnt fordelt i løpet av året.

I praksis er imidlertid forskjellen til å la etterperiodene begynne i januar ikke stor: Hvis alle etterperiodene begynner i januar er det til sammen 14 ulykker, 1 D+HS og 20 lettere skadde (LS) i etterperioden. Med utvidet etterperiode (etterperiodene begynner den tredje måneden etter installering) er det 16 ulykker, 3 D+HS og 22 LS i etterperioden. Det er vurdert slik at usikkerheten på grunn av eventuelle årstids-skjevheter er en mindre ulempe enn om man hadde færre ulykker i etterperioden.

2.4 Skadegrader

Evalueringen av SATK er gjort for antall politirapporterte personskadeulykker (PSU) og drepte eller hardt skadde (D+HS). Hardt skadde omfatter både alvorlig og meget alvorlig skadde. Datagrunnlaget er for lite til å gjøre evalueringer for drepte (D) og hardt skadde (HS) hver for seg.

2.5 Signifikanstesting

For alle resultater er det oppgitt konfidensintervaller med et tosidig 5%-signifikansnivå. Det betyr at 95% av resultatene vil ligge innenfor det oppgitte intervallet hvis den «sanne» effekten og det «sanne» standardavviket til effekten er som i det aktuelle datamateriale hvis man gjennomfører den samme evalueringen et hvilket som helst antall ganger (noe som i praksis selvfølgelig ikke er mulig). At signifikansnivået er tosidig betyr at de 5% av effektene som vil ligge utenfor konfidensintervallet ligger til like andeler over og under konfidensintervallet. Hvis en endring av ulykkestallet på 0% ligger utenfor konfidensintervallet betegnes effekten som statistisk signifikant på 5%-nivået. Det vil da, forenklet sagt, være mindre enn 5% sannsynlighet for at virkningen likevel ikke er forskjellig fra null (eller mindre enn 2,5% hvis signifikansnivået hadde vært definert ensidig).

I tillegg til konfidensintervallene er signifikansnivået oppgitt. Signifikansnivået viser hvor sannsynlig det er at den «sanne» effekten er forskjellig fra null. Når den øvre (eller nedre) grensen på konfidensintervallet er null, er signifikansnivået 5%. Er signifikansnivået under 5% vil konfidensintervallet ikke inneholde null. Er signifikansnivået over 5% vil konfidensintervallet inneholde null. Hvis signifikansnivået for eksempel er 3% betyr dette at det er kun 3% sannsynlighet for at den sanne effekten ligger utenfor et intervall som strekker seg fra effekten til null og fra effekten til like mye under effekten som avstanden mellom effekt og null. Jo høyere signifikansnivået er, desto større er sannsynligheten for at den sanne effekten ikke er forskjellig fra null. Signifikansnivået er på maksimalt 100%, når effekten er null. Da vil null ligge nøyaktig i midten av fordelingen av mulige effekter rundt den effekten som ble funnet empirisk.

3 SATK-strekningene

SATK-strekninger inngår i evalueringen når etterperioden kan være på minst ett år, dvs. når SATK ble installert i 2012 eller tidligere. Informasjon om ulykker på SATK-strekningene foreligger fram til hele året 2013. SATK-strekninger som ble installert i 2013 inngår derfor ikke i evalueringen. SATK-strekningene som inngår i evalueringen er vist i tabell 3.1.1 med stedfesting, lengde, etableringsmåned, om strekningen ligger i tunnel eller ikke, om det er SATK i én eller begge kjøreretningene, om det har vært en fartsgrenseendring i førperioden (ingen SATK-strekninger hadde en endring av fartsgrensen i etterperioden) og trafikkmengden i 2013.

Informasjonen om SATK-strekningene som er vist i tabell 3.1.1 er gitt fra Vegdirektoratet. Informasjon om vegegenskapene for alle SATK-strekningene som inngår i beregningen av normale ulykkestall er basert på NVDB og datafilen som ble lagd i forbindelse utvikling av ulykkesmodeller for Norge (Høye, 2014B).

Tabell 3.1.1: SATK-strekningene som inngår i evalueringen.

	Fylke	Veg	HP	Km fra	Km til	Lengde (km)	Etablering	Tunnel	Kjøre- retninger	PATK før	Fartsgrense- endring før	ÅDT 2013
Oslofjordtunnelen vestgående	Akershus	RV23	1	6,66	9,15	2,49	2012 (juni)	Undersjøisk, ett løp	Én	Ja	Ja	7 036
Oslofjordtunnelen østgående	Buskerud	RV23	1	0,63	2,99	2,36	2012 (juni)	Undersjøisk, ett løp	Én	Ja	Ja	7 278
Barkald - Langodden - Barkald	Hedmark	RV3	14	1,31	10,9	9,59	2010 (mai)	Ikke tunnel	Begge	Nei	Ja	1 957
Finstad - Bergeberget - Finstad	Hedmark	RV25	4	0,51	11,05	10,54	2012 (juli)	Ikke tunnel	Begge	Nei	Ja	4 476
Rosten - Brennhaug - Rosten	Oppland	EV6	18	6,86	11,04	4,18	2009 (juli)	Ikke tunnel	Begge	Nei	Nei	3 550
Harestua N - Grua S - Harestua N	Oppland	RV4	2	6,94	10,66	3,72	2012 (sep.)	Ikke tunnel	Begge	Ja	Nei	8 143
Bromma - Nesbyen - Bromma	Buskerud	RV7	8	0,26	8,11	7,85	2011 (mai)	Ikke tunnel	Begge	Nei	Nei	4 144
Dørdal - Gjerdemyra syd	Telemark	EV18	8	1,46	9,76	8,30	2009 (aug.)	Ikke tunnel	Én	Ja	Nei	9 310
Byfjordtunnelen nordgående	Rogaland	EV39	10	0,04	2,69	2,65	2012 (juni)	Undersjøisk, ett løp	Én	Ja	Nei	8 583
Eiksundtunnel S	Møre og Romsdal	FV653	2	1,58	4,56	2,98	2012 (nov.)	Undersjøisk, ett løp	Én	Ja	Nei	2 214
Eiksundtunnel S/N	Møre og Romsdal	FV653	2	4,56	8,63	4,07	2012 (april)	Undersjøisk, ett løp	Begge	Ja	Nei	2 214
Helltunnel nordgående	Sør-/Nord-Trøndelag	EV6	15 / 1	17,34	1,49	4,19	2012 (april)	Ett løp	Én	Ja	Nei	15 114
Tromsøysundtunnelen sørgående	Troms	EV8	7	10,94	12,99	2,05	2012 (feb.)	Undersjøisk, to løp	Én	Nei	Nei	10 500
Tromsøysundtunnelen nordgående	Troms	EV8	7	3,66	5,71	2,05	2012 (feb.)	Undersjøisk, to løp	Én	Nei	Nei	10 052

4 Resultater

4.1 Beskrivelse av datamaterialet

Hvor mange PSU og D+HS det har vært på alle SATK-strekningene i før- og etterperioden er vist i tabell 4.1.1. De normale ulykkestallene i førperioden som er beregnet i EB-evalueringen (se avsnitt 4.4), er også vist i tabell 4.1.1. Før-perioden er for alle strekningene på tre år (de siste tre hele år, fra januar til desember, før installeringsåret), etterperiodenes lengde varierer, avhengig av installeringsstidspunktet. Alle etterperiodene begynner den tredje måneden etter installeringsmåneden og slutter etter tre år eller senest i slutten av 2013. Tabell 4.1.1 viser at de årlige antallene PSU og D+HS har gått ned fra før- til etterperioden, med henholdsvis 28% og 65%.

På to av SATK-strekningene er ulykkestallene i førperioden unormalt høye eller lave. Den ene strekningen er *Finstad* hvor det registrerte antall PSU har vært mye lavere enn det normale antall (7 vs. 12,8). På Finstad kan man derfor forvente en «omvendt» regresjonseffekt, dvs. at antall PSU mest sannsynlig vil øke i etterperioden (som følge av at det vil ligge nærmere det normale antallet). Også på strekningen Bromma har det registrerte antall PSU vært lavere enn det normale (1 vs. 3,3), men her er det absolutte avviket mindre enn på Finstad. På de fleste andre strekningene er det registrerte antall PSU omtrent like stort eller større enn det normale antall. For alle SATK-strekningene sett under ett var det 9% flere PSU i førperioden enn normalt (40% flere uten Finstad).

Den andre strekningen som skiller seg ut er *Eiksundtunnel S*. Her har det i førperioden vært én ulykke med fem D+HS. Dette var en møteulykke hvor en av de involverte bilene hadde en fart på nesten 200 km/t og hvor bilene begynte å brenne etter ulykken¹. Etter ulykken ble det først installert PATK i bunnen av tunnelen. At SATK ble installert omtrent tre år senere har vært del av et nasjonalt forsøksprosjekt med SATK og ikke en direkte følge av ulykken. På denne strekningen kan man forvente en stor regresjonseffekt og denne strekningen kan også tenkes å påvirke de samlede resultatene for D+HS fordi de fem D+HS på denne strekningen utgjør 23% av alle D+HS på alle SATK-strekningene. For alle SATK-strekningene sett under ett var det omtrent tre ganger så mange (202% flere) D+HS i førperioden som normalt (137% flere uten Eiksundtunnel S). Den store forskjellen mellom antall D+HS som er predikert med modellen og det observerte antall D+HS kan delvis bero på unøyaktigheter av modellberegningen, men kan også skyldes tilfeldige svingninger og / eller at strekningene før installeringen av SATK faktisk var eksepsjonelt «farlige».

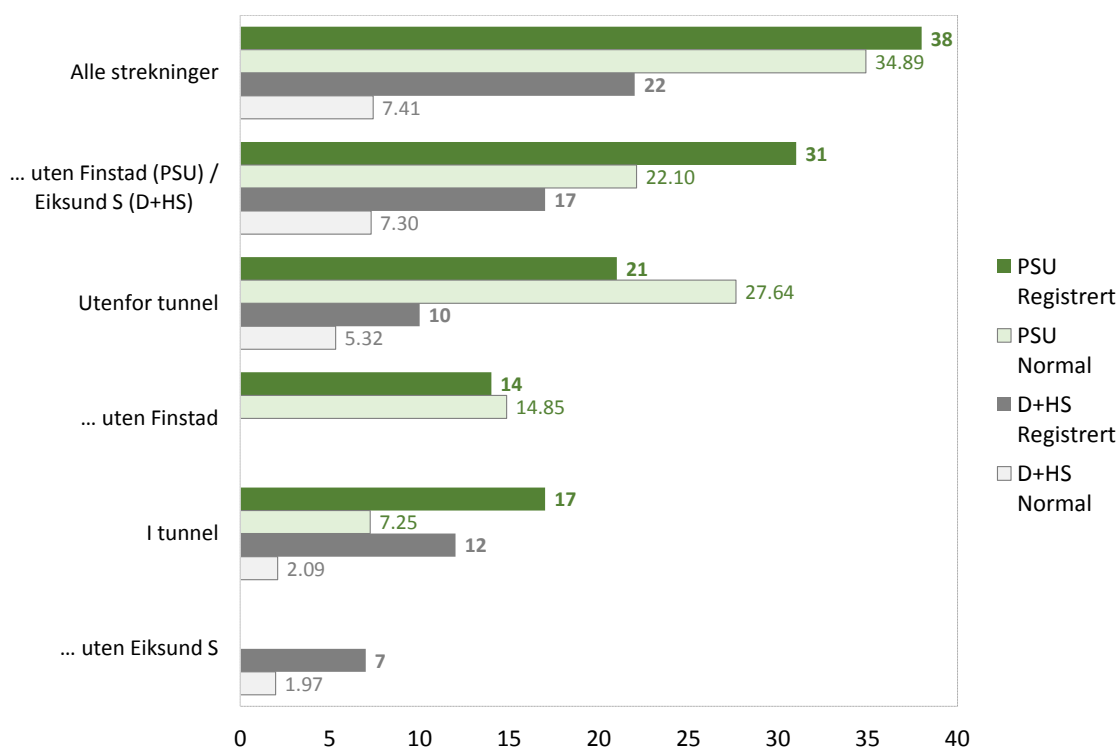
¹ <http://www.vegvesen.no/Hovedside/etablerer-fotobokser-i-eiksundtunnelen--107655>

Tabell 4.1.1: PSU og D+HS på alle SATK-strekningene i før- og etterperioden. Registrerte ulykkestall som er større enn de normale ulykkestall (rundet til hele tall) er markert med grå bakgrunn.

SATK-strekning	Installering	Etterperiodens lengde (mnd.)	PSU			D+HS		
			Norm. antall før	Reg. antall før	Reg. antall etter	Norm. antall før	Reg. antall før	Reg. antall etter
Oslofjordt. V	2012 (juni)	16	0,72	2	2	0,25	0	0
Oslofjordt. Ø	2012 (juni)	16	0,46	5	0	0,26	2	0
Barkald	2010 (mai)	36	2,03	2	3	0,55	2	0
Finstad	2012 (juli)	15	12,79	7	3	1,10	3	0
Rosten	2009 (juli)	36	1,86	3	1	0,78	2	0
Harestua	2012 (sep.)	13	1,68	2	1	0,56	1	2
Bromma	2011 (mai)	29	3,27	1	0	1,27	1	0
Dørdal	2009 (aug.)	36	6,02	6	3	1,06	1	0
Byfjordt. N	2012 (juni)	16	0,86	2	1	0,32	1	1
Eiksundt. S	2012 (nov.)	18	0,31	1	1	0,11	5	0
Eiksundt. S/N	2012 (april)	18	0,41	0	0	0,13	0	0
Hellt. N	2012 (april)	18	2,64	5	0	0,66	2	0
Tromst. S	2012 (feb.)	20	0,89	1	1	0,16	1	0
Tromst. N	2012 (feb.)	20	0,97	1	0	0,18	1	0
Sum		307	34,89	38	16	7,41	22	3
Per år				12,7	9,2		7,3	2,6
Effekt på ulykker per år					-28 %			-65 %

For å vise i hvilken grad resultatene kan være påvirket av regresjonseffekter viser figur 4.1.1 og tabell 4.1.2 registrerte og normale ulykkestall i førperioden (som er på tre år for alle SATK-strekningene). Tabell 4.1.2 viser i tillegg forholdstall mellom registrerte og normale ulykkestall. Antall PSU har vært høyere enn normalt i førperioden når man ser på alle strekningene under ett og på strekningene i tunnel. Her kan man forvente at resultatene av FE studiene vil være påvirket av regresjonseffekter. På veger i dagen derimot har det registrerte antall PSU vært lavere enn normalt i førperioden.

For D+HS har de registrerte antallene i førperioden vært høyere enn de normale antallene på de fleste enkelte SATK-strekningene, på alle SATK-strekningene sett under ett og både i tunneler og på veger i dagen. Her har også forskjellen mellom registrerte og normale antall vært større enn for PSU, også når man utelater Eiksundtunnel S hvor det har vært fem D+HS i førperioden. Resultater fra FE studier for D+HS kan følgelig være påvirket av regresjonseffekter. Regresjonseffektene vil være større for D+HS enn for PSU og større i tunnel enn på veg i dagen, både for D+HS og PSU.



Figur 4.1.1: Registrerte og normale antall PSU og D+HS i førperioden.

Tabell 4.1.2: Registrerte og normale antall PSU og D+HS, samt forholdet mellom registrerte og normale ulykkestall i førperioden. Forholdstall større enn én (registrert antall større enn normalt antall) er markert med grå bakgrunn.

	PSU			D+HS		
	Registrert	Normal	Registrert / Normal	Registrert	Normal	Registrert / Normal
Alle strekninger	38	34,89	1,09	22	7,41	2,97
... uten Finstad (PSU) / Eiksund S (D+HS)	31	22,10	1,40	17	7,30	2,33
Veg i dagen	21	27,64	0,76	10	5,32	1,88
... uten Finstad	14	14,85	0,94			
I tunnel	17	7,25	2,35	12	2,09	5,76
... uten Eiksund S				7	1,97	3,55

4.2 Før-etter studie uten kontrollgruppe

I en FE studie uten kontrollgruppe er virkningen av SATK beregnet ut fra forholdet mellom ulykkesrisikoen (antall ulykker delt på antall kjøretøykilometer) i etter- og førperioden. Tabell 4.2.1 viser trafikkarbeidet (mill. kjøretøykilometer), registrerte antall PSU og D+HS og virkningene på antall PSU og D+HS for alle SATK-strekningene samlet, samt for enkelte grupper av SATK-strekninger. Virkningene og konfidensintervallene (KI) er vist som prosent endring av antall PSU og D+HS. Virkningene på antall PSU er i tillegg vist uten SATK-strekningen Finstad og virkningen på antall D+HS er i tillegg vist uten SATK-strekningen Eiksundtunnel S fordi ulykkestallene på disse strekningene har vært unormalt lavt / høyt i førperioden (se avsnitt 4.1).

Det ble funnet en reduksjon av antall PSU på 36% når man ser på alle SATK-strekningene under ett. Resultatene tyder på at virkningen er større for D+HS enn for PSU og større i tunneler enn på veger i dagen. De fleste resultatene er ikke statistisk signifikante, noe som kan forklares med forholdsvis små ulykkestall. Resultatene kan være påvirket av generelle endringer av ulykkesrisikoen over tid, konkrete endringer på SATK-strekningene (fartsgrenseendringer, PATK i førperioden). Regresjonseffekter kan også ha påvirket resultatene. Det er ingen store forskjeller i resultatene med og uten Finstad eller Eiksundtunnel S.

Tabell 4.2.1: Virkning av SATK på antall PSU og D+HS i prosent i en FE studie uten kontrollgruppe.

SATK-strekning	Mill. kjt.km		PSU				D+HS			
	Før	Etter	Reg. før	Reg. etter	Eff. (%) (KI)	Sign. (2-sid.)	Reg. før	Reg. etter	Eff. (%) (KI)	Sign. (2-sid.)
Oslofjordt. V	18,18	8,43	2	2			0	0		
Oslofjordt. Ø	17,97	8,26	5	0			2	0		
Barkald	21,44	19,99	2	3			2	0		
Finstad	49,74	21,41	7	3			3	0		
Rosten	15,18	15,94	3	1			2	0		
Harestua	32,28	11,95	2	1			1	2		
Bromma	34,27	28,41	1	0			1	0		
Dørdal	81,07	83,66	6	3			1	0		
Byfjordt. N	23,54	11,00	2	1			1	1		
Eiksundt. S	5,90	3,52	1	1			5	0		
Eiksundt. S/N	8,04	3,14	0	0			0	0		
Hellt. N	64,52	34,62	5	0			2	0		
Tromst. S	22,00	12,79	1	1			1	0		
Tromst. N	22,00	12,24	1	0			1	0		
Alle strekninger	416,1	275,4	38	16	-36 <i>(-62; +16)</i>	13%	22	3	-79 <i>(-94; -31)</i>	1%
... uten Finstad (PSU) / Eiksund S (D+HS)	366,4	254,0	31	13	-40 <i>(-68; +18)</i>	13%	17	3	-75 <i>(-93; -13)</i>	3%
Veg i dagen	234,0	181,4	21	11	-32 <i>(-67; +40)</i>	29%	10	2	-74 <i>(-94; +18)</i>	8%
... uten Finstad	184,2	160,0	14	8	-34 <i>(-72; +57)</i>	35%				
I tunnel	182,1	94,0	17	5	-43 <i>(-79; +54)</i>	27%	12	1	-84 <i>(-98; +24)</i>	8%
... uten Eiksund S							7	1	-72 <i>(-97; +126)</i>	23%

4.3 Før-etter med kontrollgruppe

I en FE studie med kontrollgruppe er de registrerte ulykkestallene i etterperioden sammenlignet med de ulykkestallene som man ville forvente i etterperioden hvis ulykkestallene hadde endret seg på samme måte fra før- til etterperioden som de normale ulykkestallene (med justering for endringer av fartsgrenser, trafikkmengde, periodelengde og PATK), som er lagt til grunn for beregningen av de forventede ulykkestallene i EB-evalueringen (se neste avsnitt). Det er dermed kontrollert for de samme faktorene som i EB-evalueringen (generelle endringer av ulykkesrisikoen over tid, endringer av trafikkmengden, fartsgrenseendringer og PATK), unntatt regresjonseffekter.

Tabell 4.3.1 viser for PSU og D+HS de registrerte ulykkestallene i førperioden, samt de «forventede» og registrerte ulykkestallene i etterperioden og virkningen av SATK på ulykkestallene. De «forventede» ulykkestallene i etterperioden er beregnet som beskrevet i avsnitt 2.1.2, ut fra ulykkestallene i førperioden og endringen av normale ulykkestall (med justeringer for periodelengden, trafikkmengdeendringer, fartsgrenseendringer og PATK) fra før-til etterperioden, og må ikke forveksles med forventede ulykkestall i EB-evalueringen. Virkningene er vist som prosent endring av antall PSU og D+HS på hver SATK-strekning, for alle SATK-strekningene samlet og for enkelte grupper av SATK-strekninger, både med og uten SATK-strekningene på Finstad (PSU) og Eiksundtunnel S (D+HS).

Alt i alt ble det funnet noe mindre virkninger enn i FE studien uten kontrollgruppe og ingen av virkningene er statistisk signifikant. Alle strekningene sett under ett er antall PSU redusert med 16% og antall D+HS med 73%. På samme måte som resultatene fra FE studien uten kontrollgruppe tyder resultatene i tabell 4.3.1 på at virkningen er større for D+HS enn for PSU og større i tunneler enn på veger i dagen. Resultatene kan være påvirket av regresjonseffekter, men ikke (eller i hvert fall i mindre grad enn i FE studien uten kontrollgruppe) av generelle endringer i ulykkesrisikoen over tid eller endringer på SATK-strekningene (fartsgrenseendringer, installering av PATK i førperioden). At SATK ser ut til å ha en større virkning på D+HS enn på PSU og en større virkning i tunneler enn på veger i dagen kan skyldes regresjonseffekter. Dette fordi det var større forskjeller mellom registrerte og normale ulykkestallene i førperioden i tunnelene enn på veger i dagen og forskjellene var større for D+HS enn for PSU.

Utelater man SATK-strekningen Finstad fra analysene er virkningene større enn når Finstad ikke er utelatt. Dette er som forventet fordi det registrerte antall PSU i førperioden har vært lavere enn det normale antall PSU på denne strekningen. Her finner man mao. en «omvendt» regresjonseffekt. Utelater man Eiksundtunnel S fra analysene for D+HS blir den estimerte virkningen av SATK mindre enn når man ikke utelater Eiksundtunnel S. Forklaringen er at det har vært én ulykke med fem drepte i denne tunnelen i førperioden, noe som er langt mer enn normalt. Her var det derfor forventet at man vil finne en stor regresjonseffekt og det er logisk at både regresjonseffekten og den estimerte virkningen av SATK vil bli mindre når man utelater denne strekningen.

Tabell 4.3.1: Virkning av SATK på antall PSU og D+HS i en FE studie med kontrollgruppe.

SATK-strekning	PSU					D+HS				
	Reg. før	Forv. etter ¹	Reg. etter	Eff. (%) (KI)	Sign. (2-sid.)	Reg. før	Forv. etter ¹	Reg. etter	Eff. (%) (KI)	Sign. (2-sid.)
Oslofjordt. V	2	0,688	2			0	0,000	0		
Oslofjordt. Ø	5	1,709	0			2	0,683	0		
Barkald	2	1,423	3			2	1,423	0		
Finstad	7	2,336	3			3	1,001	0		
Rosten	3	2,473	1			2	1,649	0		
Harestua	2	0,578	1			1	0,289	2		
Bromma	1	0,645	0			1	0,645	0		
Dørdal	6	4,828	3			1	0,805	0		
Byfjordt. N	2	0,741	1			1	0,370	1		
Eiksundt. S	1	0,469	1			5	2,345	0		
Eiksundt. S/N	0	0,000	0			0	0,000	0		
Hellt. N	5	2,138	0			2	0,855	0		
Tromst. S	1	0,467	1			1	0,467	0		
Tromst. N	1	0,449	0			1	0,449	0		
Alle strekninger	38	18,94	16	-16 (-57; +64)	62%	22	10,98	3	-73 (-92; -2)	5%
... uten Finstad (PSU) / Eiksund S (D+HS)	31	16,61	13	-22 (-62; +62)	51%	17	8,64	3	-65 (-91; +29)	11%
Veg i dagen	21	12,28	11	-10 (-60; +102)	79%	10	5,81	2	-66 (-93; +72)	19%
... uten Finstad	14	9,95	8	-20 (-68; +104)	65%					
I tunnel	17	6,66	5	-25 (-76; +139)	63%	12	5,17	1	-81 (-98; +65)	13%
... uten Eiksund S						7	2,82	1	-65 (-96; +246)	6%

¹ «Forventet etter» er beregnet ut fra ulykkestallene i førperioden og endringen av normale ulykkestall fra før-til etterperioden, og må ikke forveksles med forventede ulykkestall i EB-evalueringen.

4.4 Før-etter empirisk Bayes

I EB-evalueringen er det kontrollert for endringer av trafikkmengden, andre endringer på SATK-strekningene (PATK, fartsgrenseendringer), generelle endringer av ulykkesrisikoen over tid og regresjonseffekter. Resultatene av EB-evalueringen er sammenfattet i tabell 4.4.1 og figur 4.4.1 for PSU og i tabell 4.4.2 og figur 4.4.2 for D+HS. Den store nedgangen av de samlede registrerte ulykkestallene for alle strekningene fra før- til etterperioden kan delvis forklares med at de fleste etterperiodenene er kortere enn førperioden. De registrerte (mørkeblå) og de forventede (middelsblå) ulykkestallene i etterperioden er ulykkestallene som ligger til grunn for EB-evalueringen. Her ser man i begge figurene at de registrerte ulykkestallene i etterperioden som regel (med noen få enkelte SATK-strekninger som unntak) er lavere enn de forventede, dvs. at SATK har hatt en ulykkesreducerende effekt på de aller fleste SATK-strekningene.

At de normale ulykkestallene i førperioden (lysegrønn) som regel er lavere enn de registrerte (mørkegrønn) viser at regresjonseffekter kan forekomme (se avsnitt 4.1). Figurene viser også at de forventede ulykkestallene i førperioden (middelsgrønn) alltid ligger mellom de registrerte og de normale ulykkestallene. Dette er slik fordi de forventede ulykkestallene i førperioden er beregnet som et vektet gjennomsnitt av de normale og registrerte ulykkestallene. I etterperioden derimot er de forventede ulykkestallene nesten gjennomgående høyere enn de registrerte. Forklaringen er at de forventede ulykkestallene i etterperioden ikke er beregnet på samme måte som i førperioden, men som en funksjon av de forventede ulykkestallene i førperioden og endringen av de normale ulykkestallene fra før- til etterperioden (dvs. at de registrerte ulykkestallene i etterperioden ikke inngår i beregningen av forventede ulykkestall).

Tabell 4.4.1 og 4.4.2 viser de registrerte, normale og forventede antallene PSU og D+HS, samt overspredningsparametre og EB-vektene for alle SATK-strekningene. Virkningen av SATK er oppgitt som prosent endring, de sammenlagte virkningene er oppgitt både med og uten SATK-strekningen Finstad (PSU) eller Eiksundtunnel S (D+HS).

For **PSU** ble det funnet en reduksjon på 12% på alle SATK-strekningene sett under ett. Ingen av virkningene på antall PSU er statistisk signifikante. Utelater man strekningen Finstad er virkningen noe større enn når man ikke utelater den (og statistisk signifikant på et 10%-nivå), til tross for at det er kontrollert for regresjonseffekter. På strekningen Finstad har det i førperioden vært færre registrerte PSU enn normalt, slik at man kan forvente en «omvendt» regresjonseffekt på denne strekningen (at antall PSU vil øke fra før- til etterperioden). Resultatene tyder videre på at virkningen av SATK er noe større i tunneler enn på veg i dagen. Siden konfidensintervallene er forholdsvis store og overlappende må man imidlertid være forsiktig med å tolke disse forskjellene som reelle forskjeller i virkningen av SATK.

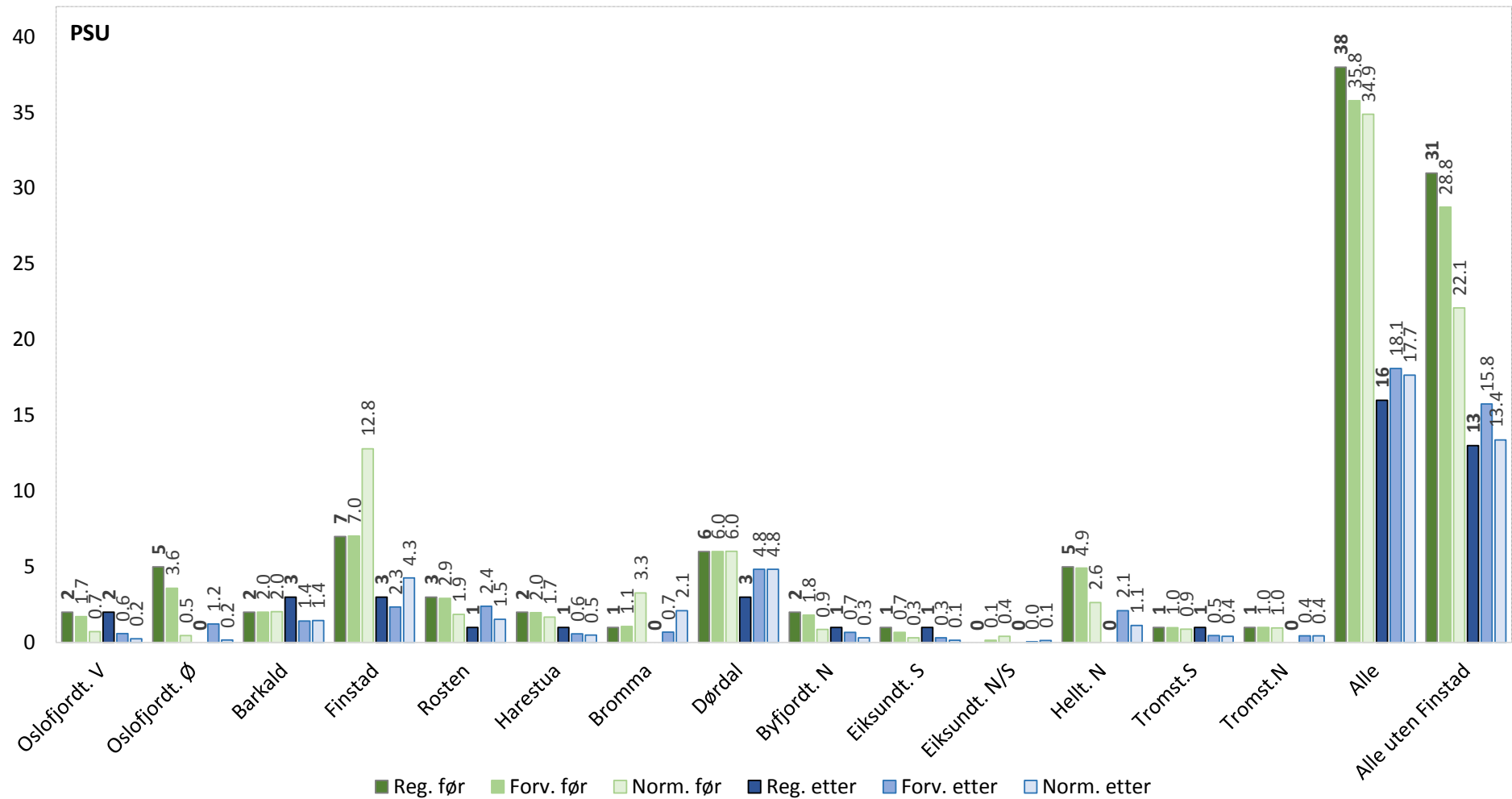
For **D+HS** ble det funnet en reduksjon på 49% som er statistisk signifikant, også for de fleste undergruppene av SATK-strekninger (tunneler / veg i dagen og med / uten Eiksund S). Konfidensintervallene er imidlertid likevel så store at det ikke er særlig meningsfylt å sammenligne resultater mellom enkelte grupper av SATK-strekninger.

Tabell 4.4.1: Virkning av SATK på antall PSU i EB-evalueringen.

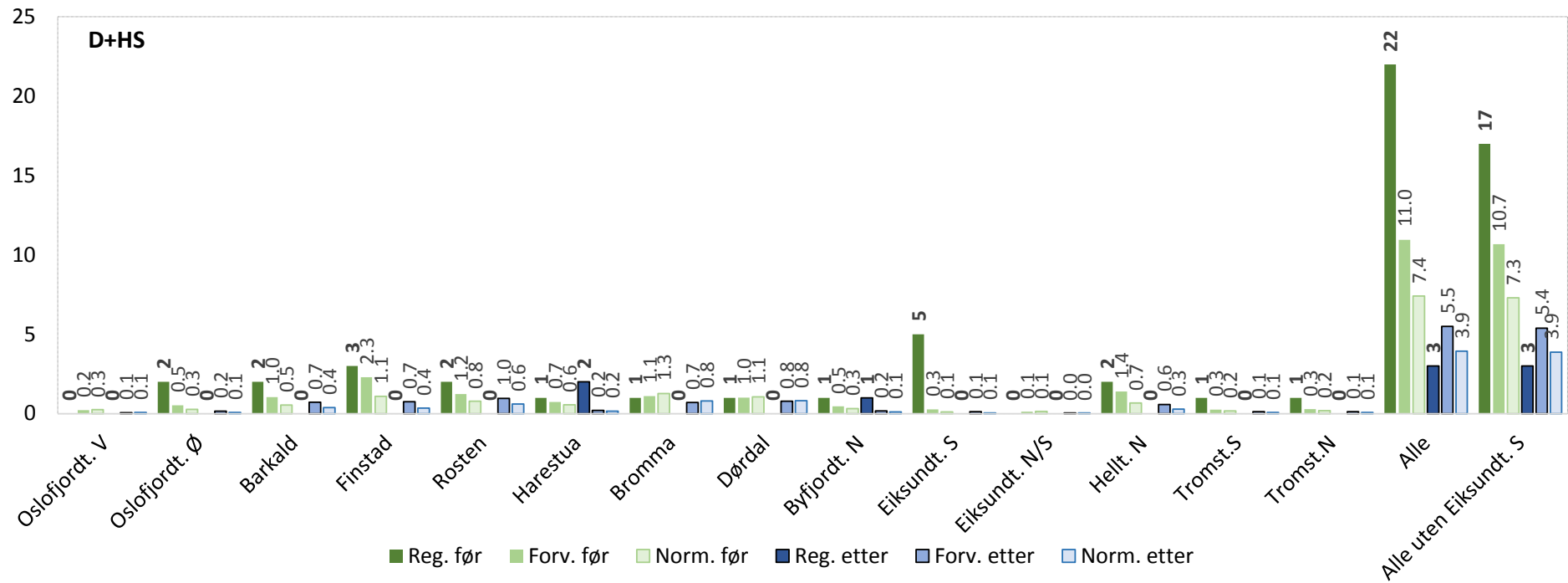
SATK-strekning	Registrert		Normalt		Forventet		Over- spr.- par.	EB- vekt	Virkning (EB)		
	Før	Etter	Før	Etter	Før	Etter			Eff. (%)	KI	Sign. (2-sid.)
Oslofjordt. V	2	2	0,72	0,25	1,72	0,59	0,203	0,221			
Oslofjordt. Ø	5	0	0,46	0,16	3,58	1,22	0,209	0,313			
Barkald	2	3	2,03	1,45	2,00	1,42	0,101	0,048			
Finstad	7	3	12,79	4,27	7,03	2,35	0,077	0,006			
Rosten	3	1	1,86	1,53	2,91	2,40	0,157	0,078			
Harestua	2	1	1,68	0,48	1,98	0,57	0,137	0,076			
Bromma	1	0	3,27	2,11	1,06	0,69	0,096	0,028			
Dørdal	6	3	6,02	4,84	6,00	4,83	0,064	0,010			
Byfjordt. N	2	1	0,86	0,32	1,80	0,67	0,180	0,173			
Eiksundt. S	1	1	0,31	0,15	0,67	0,32	0,286	0,476			
Eiksundt. S/N	0	0	0,41	0,13	0,14	0,04	0,225	0,357			
Hellt. N	5	0	2,64	1,13	4,91	2,10	0,103	0,038			
Tromst. S	1	1	0,89	0,41	0,98	0,46	0,205	0,188			
Tromst. N	1	0	0,97	0,43	0,99	0,45	0,205	0,175			
Alle strekninger	38	16	34,89	17,65	35,79	18,10			-12	(-34; +9)	24%
... uten Finstad	31	13	22,10	13,38	28,75	15,75			-19	(-41; +4)	10%
Veg i dagen	21	11	27,64	14,68	20,99	12,26			-12	(-41; +18)	44%
... uten Finstad	14	8	14,85	10,41	13,95	9,91			-21	(-55; +13)	22%
I tunnel	17	5	7,25	2,97	14,80	5,85			-17	(-54; +20)	36%

Tabell 4.4.2: Virkning av SATK på antall D+HS i EB-evalueringen.

SATK-strekning	Registrert		Normalt		Forventet		Over- spr.- par.	EB- vekt	Virkning (EB)		
	Før	Etter	Før	Etter	Før	Etter			Eff. (%)	KI	Sign. (2-sid.)
Oslofjordt. V	0	0	0,25	0,08	0,22	0,07	1,461	0,853			
Oslofjordt. Ø	2	0	0,26	0,08	0,53	0,16	1,479	0,849			
Barkald	2	0	0,55	0,38	1,04	0,72	1,055	0,658			
Finstad	3	0	1,10	0,35	2,30	0,74	0,635	0,367			
Rosten	2	0	0,78	0,61	1,23	0,96	1,350	0,633			
Harestua	1	2	0,56	0,16	0,73	0,21	0,924	0,621			
Bromma	1	0	1,27	0,81	1,10	0,70	0,800	0,387			
Dørdal	1	0	1,06	0,81	1,02	0,78	0,382	0,265			
Byfjordt. N	1	1	0,32	0,12	0,46	0,17	1,206	0,793			
Eiksundt. S	5	0	0,11	0,05	0,27	0,12	3,278	0,967			
Eiksundt. S/N	0	0	0,13	0,04	0,13	0,04	2,565	0,951			
Hellt. N	2	0	0,66	0,28	1,39	0,58	0,562	0,458			
Tromst. S	1	0	0,16	0,08	0,26	0,12	1,288	0,887			
Tromst. N	1	0	0,18	0,08	0,28	0,13	1,288	0,877			
Alle strekninger	22	3	7,41	3,93	10,95	5,50			-49	(-81; -18)	0,2 %
... uten Eiksund S	17	3	7,30	3,88	10,68	5,38			-48	(-80; -16)	0,4 %
Veg i dagen	10	2	5,32	3,13	7,43	4,12			-55	(-96; -14)	0,8 %
I tunnel	12	1	2,09	0,80	3,53	1,39			-53	(-100; -3)	4,3 %
... uten Eiksund S	7	1	1,97	0,75	3,25	1,26			-48	(-100; +8)	9,6 %



Figur 4.4.1: Registrerte, forventede og normale antall PSU for alle SATK-strekningene.



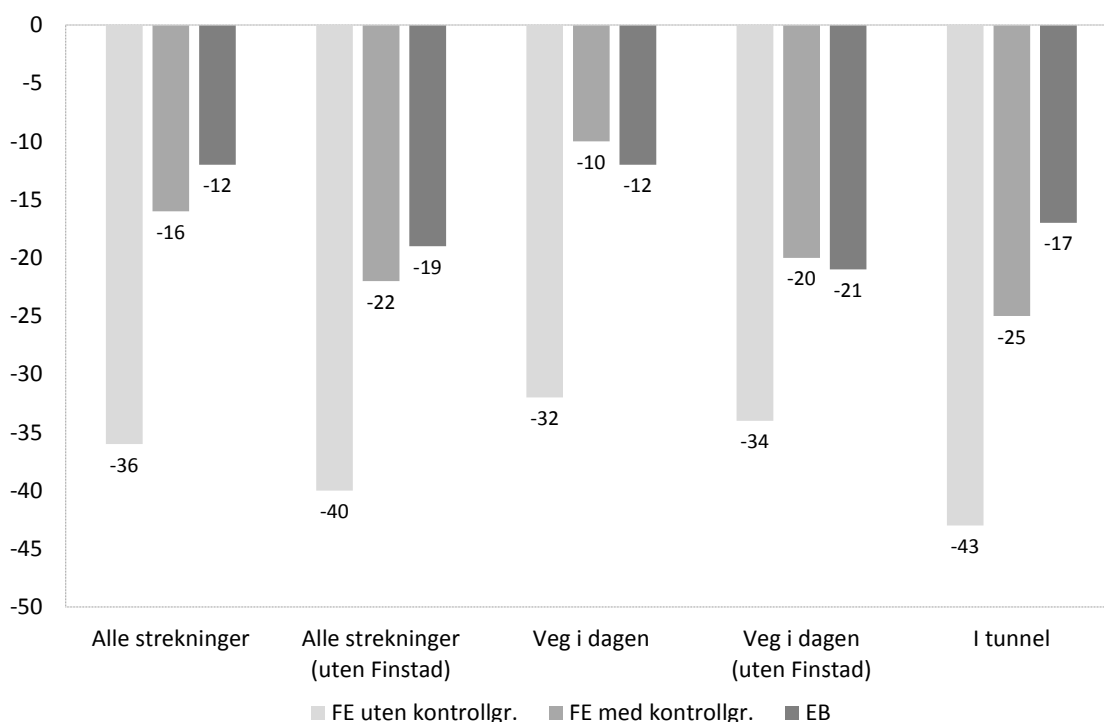
Figur 4.4.2: Registrerte, forventede og normale antall **D+HS** for alle S-ATK-strekningene.

4.5 Oppsummering av resultatene

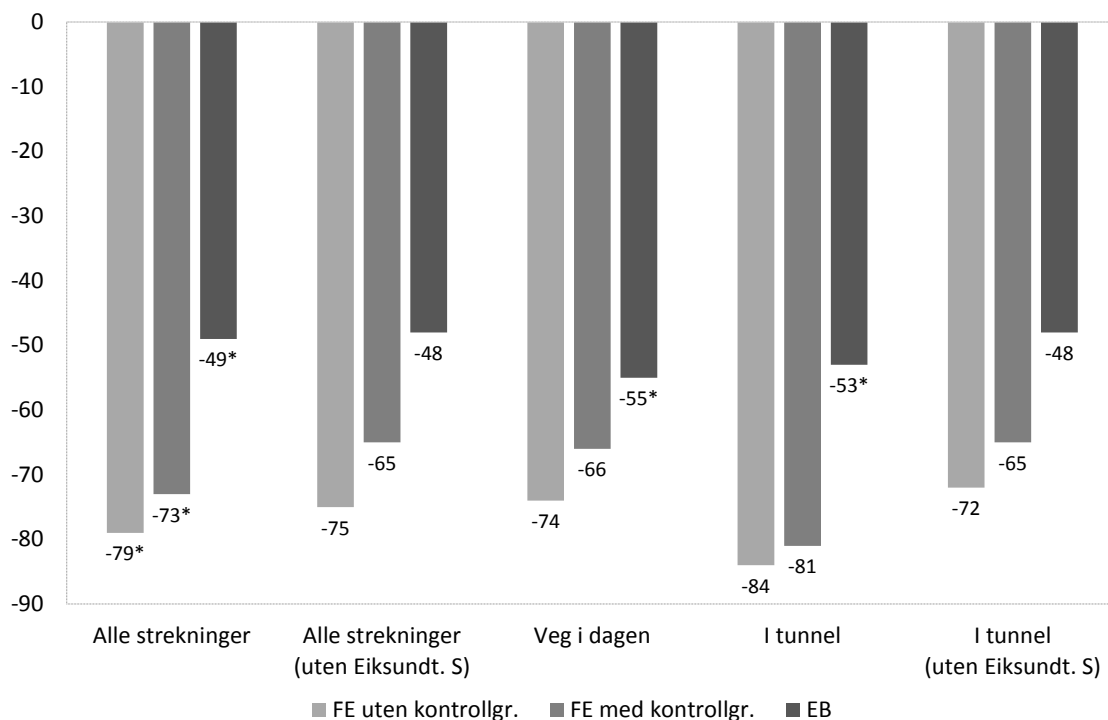
Figur 4.5.1 og 4.5.2 viser virkningene av SATK på antall PSU og D+HS som er beregnet med de ulike forsøksoppleggene. For å sammenfatte forskjellene mellom de tre forsøksoppleggene viser tabell 4.5.1 hvilke faktorer som er kontrollert i hvilket forsøksopplegg. Tabell 4.5.2 og 4.5.3 viser de samme resultatene som figur 4.5.1 og 4.5.2 med konfidensintervallene.

Tabell 4.5.1: Faktorer som er kontrollert i hver av de tre forsøksoppleggene.

Kontroll for	FE uten kontrollgruppe	FE med kontrollgruppe	Empirisk Bayes (EB)
Trafikkarbeid på SATK-strekningene	X	X	X
Generelle endringer av ulykkesrisiko over tid		X	X
Fartsgrenseendringer og PATK på noen av SATK-strekningene i førperioden		X	X
Regresjonseffekter			X



Figur 4.5.1: Virkninger av SATK på antall PSU i prosent, estimert med ulike forsøksopplegg. Statistisk signifikant resultat ($p < 0,05$) er markert med *.



Figur 4.5.2: Virkninger av SATK på antall **D+HS** i prosent, estimert med ulike forsøksopplegg. Statistisk signifikante resultater ($p < 0,05$) er markert med *.

Tabell 4.5.2: Estimerte virkninger (%) av SATK på antall **PSU** med ulike forsøksopplegg.

	FE uten kontrollgr.		FE med kontrollgr.		EB	
	Effekt	KI	Effekt	KI	Effekt	KI
Alle strekninger	-36	(-65; 14)	-16	(-57; 64)	-12*	(-34; 9)
... uten Finstad	-40	(-68; 16)	-22**	(-62; 62)	-19	(-41; 4)
Veg i dagen	-32	(-67; 40)	-10	(-60; 102)	-12*	(-41; 18)
... uten Finstad	-34	(-72; 57)	-20	(-68; 104)	-21**	(-55; 13)
I tunnel	-43	(-79; +54)	-25**	(-76; +139)	-17*	(-54; +20)

* Dette er «hovedresultatene» fra EB-evalueringen.

** Dette er maksimumsanslagene på virkningen, henholdsvis på alle strekninger, veg i dagen og i tunnel.

Tabell 4.5.3: Estimerte virkninger (%) av SATK på antall **D+HS** med ulike forsøksopplegg.

	FE uten kontrollgr.		FE med kontrollgr.		EB	
	Effekt	KI	Effekt	KI	Effekt	KI
Alle strekninger	-79	(-94; -31)	-73	(-92; -2)	-49*	(-81; -18)
... uten Eiksund S	-75	(-93; -13)	-65	(-91; +29)	-48	(-80; -16)
Veg i dagen	-74	(-94; +18)	-66	(-93; +72)	-55*	(-96; -14)
I tunnel	-84	(-98; +24)	-81	(-98; +65)	-53*	(-100; -3)
... uten Eiksund S	-72	(-97; +126)	-65	(-96; +246)	-48	(-100; +8)

* Dette er «hovedresultatene» fra EB-evalueringen. Maksimumsanslagene er forklart nedenfor.

Hvordan påvirker valg av forsøksopplegget resultatene?

Før det diskuteres hvordan SATK påvirker PSU og D+HS må det vurderes hvordan valg av forsøksopplegget (dette avsnitt) og SATK-strekningene (neste avsnitt) påvirker resultatene og hvilke resultater som skal legges til grunn for diskusjonen.

Resultatene fra FE studien uten kontrollgruppe viser gjennomgående større virkninger enn resultatene fra de andre to forsøksoppleggene. Dette viser at nedgangen av de registrerte ulykkestallene som ble funnet i FE studien uten kontrollgruppe delvis kan forklares med andre faktorer enn SATK. For PSU er virkningen mer enn halvert i FE studien med kontrollgruppe, sammenlignet med FE studien uten kontrollgruppe, både når man ser på alle SATK-strekningene under ett og i de fleste undergrupper av SATK-strekninger. Virkningen på antall D+HS er i mindre grad redusert som følge av at det kontrolleres for andre faktorer enn SATK.

I EB-evalueringen ble det nesten gjennomgående funnet mindre virkninger enn i FE studien med kontrollgruppe. Den eneste forskjellen mellom disse to forsøksoppleggene er at det er kontrollert for regresjonseffekter i EB-evalueringen, men ikke i FE studien med kontrollgruppe. Tabell 4.5.4 viser i hvilken grad de enkelte resultatene er påvirket av regresjonseffekter, beregnet som differanse mellom effektene som ble funnet i EB-evalueringen og i FE studien med kontrollgruppe. Positive tall viser omvendte regresjonseffekter, dvs. at virkningen er større i EB-evalueringen enn i FE studien med kontrollgruppe.

Tabell 4.5.4: Regresjonseffekter i virkningene på PSU og D+HS som er estimert i FE studien med kontrollgruppe. Positive tall viser regresjonseffekter som følge av unormalt lave ulykkestall i førperioden.

	PSU		D+HS	
	Andel av virkningen	Prosentpoeng av virkningen	Andel av virkningen	Prosentpoeng av virkningen
Alle strekninger	-20 %	-3	-32 %	-23
... uten Finstad (PSU) / Eiskund S (D+HS)	-15 %	-3	-26 %	-17
Veg i dagen	+11 %	+1	-16 %	-11
... uten Finstad	+7 %	+1		
I tunnel	-31 %	-8	-35 %	-28
... uten Eiksund S			-26 %	-17

Resultatene i tabell 4.5.4 (og figurene 4.5.1 og 4.5.2) viser at en del av nedgangen av både antall PSU og D+HS kan forklares med *regresjonseffekter*. Andelen av nedgangen som kan forklares med regresjonseffekter er omtrent like stor for PSU og D+HS, men i absolutte tall (antall prosentpoeng forskjell mellom resultatene fra FE studien med kontrollgruppe og EB-studien) har regresjonseffekten vært mye større for D+HS enn for PSU, og større i tunneler enn på veger i dagen. Dette er som forventet fordi forskjellen mellom de registrerte og normale ulykkestallene i førperioden har vært mye større for D+HS (nesten tre ganger så høyt som normalt) enn for PSU (se avsnitt 4.1.1). Forskjellen mellom de registrerte og normale ulykkestallene i førperioden var også større i tunneler enn på veger i dagen.

En ting som er spesielt ved SATK-strekningene i **tunnel** er at de fleste (syv av åtte) ligger i nedoverbakker fra portal til bunn i undersjøiske tunneler. Det største fallet i alle undersjøiske tunnelene er på 7% eller høyere (det største fallet er på 9,6% i Eiksundtunnelen). Her har det i førperioden vært høy fart og mange som kjørte langt over fartsgrensen (Ragnøy, 2013). Stigningsgraden og retningen av stigningen/fallet inngår ikke i beregningen av normale ulykkestall med ulykkesmodellene. Undersjøiske tunneler inngår i modellberegningen, men med en negativ koeffisient, dvs. at det normale antall ulykker i gjennomsnitt er lavere i undersjøiske tunneler enn i andre tunneler. Stigninger inngår også i modellberegningene, men bare med forholdsvis små negative koeffisienter. Undersøkelser av sammenhengen mellom stigninger/fall og antall ulykker i tunneler viser derimot at tunnelstrekninger med stigninger/fall som regel har både flere og mer alvorlige ulykker enn andre tunnelstrekninger (SWOV, 2011). Det er derfor mulig at de normale ulykkestallene på slike strekninger er underestimert. I tillegg har høye ulykkestall (eller mange alvorlige ulykker) ikke vært et kriterium for valg av tunnelstrekninger hvor det skal installeres SATK. Hvis de normale ulykkestallene i tunnelene er underestimert, vil regresjonseffektene være overestimert, og den «sanne» virkningen av SATK i tunnel kan følgelig være større enn resultatene fra EB-evalueringen viser.

Siden de fleste resultatene er påvirket av regresjonseffekter konkluderes det i utgangspunktet med at det er resultatene fra EB-evalueringen, som er kontrollert for regresjonseffekter, som må anses som de mest troverdige. Fordi regresjonseffektene i tunnelene kan være overestimert, kan virkningene av SATK i tunneler imidlertid være underestimert i EB-evalueringen. En mulighet for å korrigere for en slik effekt i tunneler er å benytte virkningene som ble funnet i FE studien med kontrollgruppe som utgangspunkt, med et fratrekk for regresjonseffekten som ble funnet på veger i dagen. Dette er 11 prosentpoeng for D+HS og ingen regresjonseffekt (eller en omvendt regresjonseffekt på minus to prosentpoeng) for PSU.

Hvordan påvirker valg av SATK-strekninger resultatene?

To av SATK-strekningene skiller seg ut med unormalt få PSU (Finstad) og unormalt mange D+HS (Eiksund S). På **Finstad** har det normale antall PSU i førperioden vært nesten dobbelt så høyt som det registrerte antallet. Dette tyder på at det har vært unormalt få ulykker på denne strekningen. Det er imidlertid også mulig at det snarere er de normale ulykkestallene som er overestimert. For det første er de normale ulykkestallene (per kjøretøykilometer) på denne strekningen langt høyere enn på alle andre SATK-strekningene i dagen, noe som kan forklares med kombinasjonen av fartsgrense 90 km/t og flere kurver, samt flere plankryss (strekningen er likevel ikke spesielt kurverik, og kryssene har forholdsvis lite sidevegstrafikk). For det andre kan man anta at denne strekningen i praksis mest sannsynlig er mer ulykkesutsatt enn normalt på grunn av beliggenheten, spesielle typer førere og mye helge- og ferietrafikk. Når Finstad inngår i EB-evalueringen er de estimerte reduksjonene av antall PSU betydelig mindre enn når man utelater Finstad, både for SATK-strekningene i dagen og for alle SATK-strekningene sett under ett, selv om det er kontrollert for regresjonseffekter. Siden de høye normale ulykkestallene på Finstad trolig er et resultat av unøyaktige modellberegninger på denne strekningen, er resultatene for PSU uten Finstad mest sannsynlig mer representative for virkningen av SATK på antall PSU enn virkningen med Finstad.

På SATK-strekningen **Eiksundtunnel S** har det vært langt flere D+HS enn normalt i førperioden. Når man utelater Eiksundtunnel S endrer resultatene fra EB-evalueringen seg ikke i vesentlig grad fordi de forventede antall D+HS i førperioden er mest påvirket av de normale antallene og bare i liten grad av de registrerte antallene. Heller ikke når man setter det registrerte antall D+HS i Eiksundtunnel S til én endrer resultatene seg vesentlig (virkningen i tunneler endrer seg kun med 0,6 prosentpoeng, ikke vist i tabellene). Selv om det er en stor regresjonseffekt på denne strekningen er det derfor ingen grunn til å utelate denne strekningen fra effektberegningen i EB-evalueringen. Resultatet fra FE studien med kontrollgruppe derimot er i stor grad påvirket av SATK-strekningen Eiksund S. Virkningen på antall D+HS i tunneler er uten kontroll for regresjonseffekter -81% for alle SATK-strekningene i tunnel, inkludert Eiksund S. Virkningen er -70% når antall D+HS på strekningen Eiksund S i førperioden er satt til én (ikke vist i tabellene) og -65% når Eiksund S er utelatt. Hvis man vil justere virkningen på D+HS i tunneler på grunn av de trolig overestimerte regresjonseffektene som beskrevet i forrige avsnitt, vil det følgelig være misvisende å ta utgangspunkt i en reduksjon på 81% i tunnel, men mer realistisk å ta en reduksjon på 65 eller 70% som utgangspunkt som ikke eller i mindre grad er påvirket av de fem D+HS i Eiksundtunnel S i førperioden.

Hvordan påvirker SATK antall PSU og D+HS, alle strekningene sett under ett?

For **PSU** ble det i EB-evalueringen funnet en reduksjon på **12%**. Når man utelater Finstad er reduksjonen på 19%. Hvis man i tillegg forutsetter at resultatene for PSU ikke er påvirket av regresjonseffekter i tunnelene kan reduksjonen være på opptil **22%** (dette er resultatet fra FE studien uten Finstad). Ingen av disse resultatene er statistisk signifikant og signifikansnivået er høyt, dvs. at sannsynligheten for at resultatene kun er tilfeldige effekter er forholdsvis stor.

For å estimere hvor stort datagrunnlaget måtte være for at en reduksjon av antall PSU på 12% eller 19% skal bli statistisk signifikant i EB-evalueringen er det gjort nye hypotetiske effektberegninger hvor hver SATK-strekning inngår to ganger, tre ganger, fire ganger, etc., helt til virkningen er statistisk signifikant. Uten Finstad er reduksjonen av antall PSU (-19%) statistisk signifikant når man minst dobler datagrunnlaget. Med Finstad må man minst femdoble datagrunnlaget for at resultatet (-12%) skal være statistisk signifikant. Dette viser at en reduksjon av antall PSU på 12 eller 19%, på strekninger med de samme vegegenskapene og ulykkestallene som de strekningene som inngår i denne evalueringen, ikke vil være lett å «oppdage» så lenge datagrunnlaget ikke er mye større enn det som foreligger. Derfor, og pga. de store og signifikante effektene på antall D+HS som ble funnet, konkluderes at en reduksjon av antall PSU i størrelsesorden 12% til 19% kan være en reell effekt av SATK.

For **D+HS** ble det i EB-evalueringen funnet en signifikant reduksjon på **49%**. Som forventet er virkningen på antall D+HS større enn virkningen på antall PSU. Hvis man forutsetter at regresjonseffekten er overestimert i tunnelene og i realiteten like stor i tunneler som på veger i dagen, kan den sammenlagte virkningen være på mellom 49% (resultatet fra EB-evalueringen med Eiksund S) og **54%** (resultater fra FE studien med kontrollgruppe, -65%, minus regresjonseffekten på veg i dagen som er på 11 prosentpoeng).

Er virkningen av SATK forskjellig i tunneler og på veger i dagen?

For *PSU* ble det funnet større virkninger av SATK i tunneler enn på veger i dagen. Dette gjelder alle forsøksopplegg. Reduksjonen av antall PSU er på **12%** på veger i dagen og på **17%** i tunnel. Utelater man Finstad er reduksjonen på veg i dagen på **21%** og dermed større enn i tunnel. Reduksjonen i tunnel kan imidlertid være på opptil **25%** når man forutsetter at regresjonseffektene i tunneler er overestimert. Ingen av disse resultatene er statistisk signifikante og konfidensintervallene for resultatene i tunneler og på veger i dagen overlapper.

For *D+HS* er virkningene i tunneler og på veger i dagen omtrent identiske (**-53%** og **-55%** når man ser på alle SATK-strekningene under ett, inkludert Eiksund S). Uten kontroll for regresjonseffekter ble det funnet større virkninger på antall D+HS i tunneler enn på veger i dagen, også når man utelater Eiksund S. Hvis man, som forklart ovenfor, forutsetter at virkningen i tunneler i like grad er påvirket av regresjonseffekter som virkningen på veg i dagen, og tar utgangspunkt i virkningen uten Eiksund S, kan antall D+HS i tunneler være redusert med mellom 54% og 59%. En reduksjon på 54% er virkningen i tunnel uten kontroll for regresjonseffekter og uten Eiksund S (-65%), redusert med 11 prosentpoeng som er regresjonseffekten på veg i dagen. En reduksjon på **59%** er virkningen i tunnel uten kontroll for regresjonseffekter og med Eiksund S, men med antall D+HS i førperioden på denne strekningen satt til én, minus 11 prosentpoeng. Virkningen er med andre ord omtrent like stor som på veg i dagen (-55%), eller noe større.

For å tolke virkningene av SATK i tunneler må man ta hensyn til at de fleste SATK-strekningene i tunnel har SATK kun i én kjøreretning, mens de fleste SATK-strekningene på veger i dagen har SATK i begge kjøreretningene. På strekninger med SATK i én av to kjøreretninger vil en del av ulykkene på strekningene trolig ikke kunne være påvirket av SATK. Når man finner en like stor virkning av SATK i tunneler som på veger i dagen, er virkningen trolig større i tunneler enn på veger i dagen hvis man bare ser på virkningen på de ulykkene som faktisk kan være påvirket av SATK. Denne konklusjonen kan imidlertid ha begrenset gyldighet fordi SATK i de fleste tunnelene er installert mellom portal og bunnen av tunnelen i retning bunn, dvs. i nedoverbakker (de fleste tunnelene er undersjøiske). Det er trolig i slike nedoverbakker at de fleste fartsrelaterte ulykkene skjer. SATK i oppoverbakkene ville neppe ha samme effekt som SATK i nedoverbakkene.

Sensitivitetsanalyse: I hvor stor grad er resultatene fra EB-evalueringen påvirket av ulike valg?

Resultatene fra EB-evalueringen kan i større eller mindre grad være påvirket av ulike valg som er tatt i forbindelse med beregningen av normale ulykkestall i førperioden. Disse påvirker hvor store regresjonseffekter som legges til grunn i effektberegningen og det er derfor gjort sensitivitetsanalyser som viser i hvilken grad resultatene hadde vært annerledes hvis de normale ulykkestallene i førperioden hadde vært beregnet under andre forutsetninger. De beregningsfaktorene som er undersøkt i sensitivitetsanalysen er:

- **Valg av tunnelmodell:** Tunnelmodellen som er lagt til grunn er en utvidelse av den eksisterende ulykkesmodellen med tunneler i datagrunnlaget (i tillegg til det øvrige vegnettet) og flere prediktorvariabler for tunnel. I sensitivitetsanalysen er virkningene beregnet med en tunnelmodell som er beregnet med et datagrunnlag som kun inneholder tunneler og hvor prediktorvariablene er tilpasset det reduserte datagrunnlaget.

- **Justering for fartsgrensendringer:** På fire av SATK-strekningene (hvorav to er i tunnel og to på veg i dagen) ble fartsgrensen endret i løpet av førperioden og dette er det tatt hensyn til ved å justere de normale ulykkestallene i førperioden ut fra den antatte virkningen på fart og den generelle sammenhengen mellom fart og ulykker. I sensitivitetsanalysen er virkningene beregnet uten justering for fartsgrensendringer.
- **Justering for PATK:** Noen av SATK-strekningene har hatt PATK i hele eller deler av førperioden. Dette er det tatt hensyn til ved å justere de normale ulykkestallene i førperioden ut fra den antatte virkningen av PATK og andelene av ulykkene i førperioden som antas å kunne være påvirket av PATK.

Resultatene fra sensitivitetsanalysen er sammenfattet i tabell 4.5.5. Avvikene mellom de originale effektene som er beregnet i EB-evalueringen og effektene som er beregnet med de ulike endringene i beregningsforutsetningene er for det meste kun små og medfører ingen endringer i hvorvidt resultatene er signifikante eller ikke-signifikante. For D+HS er avvikene på tre prosentpoeng eller mindre. For PSU er avvikene på maksimalt to prosentpoeng sammenlagt, på veger i dagen og tunneler, unntatt i tunneler med et alternativ tunnelmodell i tunneler. Her krymper den estimerte virkningen av SATK fra -17% til -11%. Begge resultatene er imidlertid ikke signifikante og forskjellen er ikke stor når man tar de store konfidensintervallene i betraktning. Alt i alt viser sensitivitetsanalysen at verken tunnelmodellen, fartsgrensejusteringene eller PATK justeringene har påvirket resultatene i vesentlig grad.

Tabell 4.5.5: Sensitivitetsanalyse: Resultater fra EB-evalueringen (basert på alle SATK-strekningene) og resultatene med alternativ tunnelmodell, uten fartsgrensejustering og uten justering for PATK.

		PSU		D+HS	
		Effekt	KI	Effekt	KI
Original (EB)	Alle	-12	<i>(-34; +9)</i>	-49	<i>(-81; -17)</i>
	Tunnel	-17	<i>(-54; +20)</i>	-52	<i>(-100; -2)</i>
	Veg i dagen	-12	<i>(-41; +18)</i>	-55	<i>(-96; -14)</i>
Alternativ tunnelmodell	Alle	-11	<i>(-32; +11)</i>	-46	<i>(-81; -11)</i>
	Tunnel	-11	<i>(-51; +28)</i>	-52	<i>(-100; -4)</i>
Uten fgr.justering	Alle	-12	<i>(-33; +10)</i>	-48	<i>(-80; -16)</i>
	Tunnel	-17	<i>(-54; +20)</i>	-52	<i>(-100; -2)</i>
	Veg i dagen	-10	<i>(-40; +19)</i>	-54	<i>(-95; -13)</i>
Uten PATK-justering	Alle	-13	<i>(-34; +8)</i>	-50	<i>(-81; -19)</i>
	Tunnel	-18	<i>(-54; +18)</i>	-53	<i>(-100; -4)</i>
	Veg i dagen	-12	<i>(-41; +18)</i>	-55	<i>(-96; -15)</i>

4.6 Virkninger på fart og ulykker

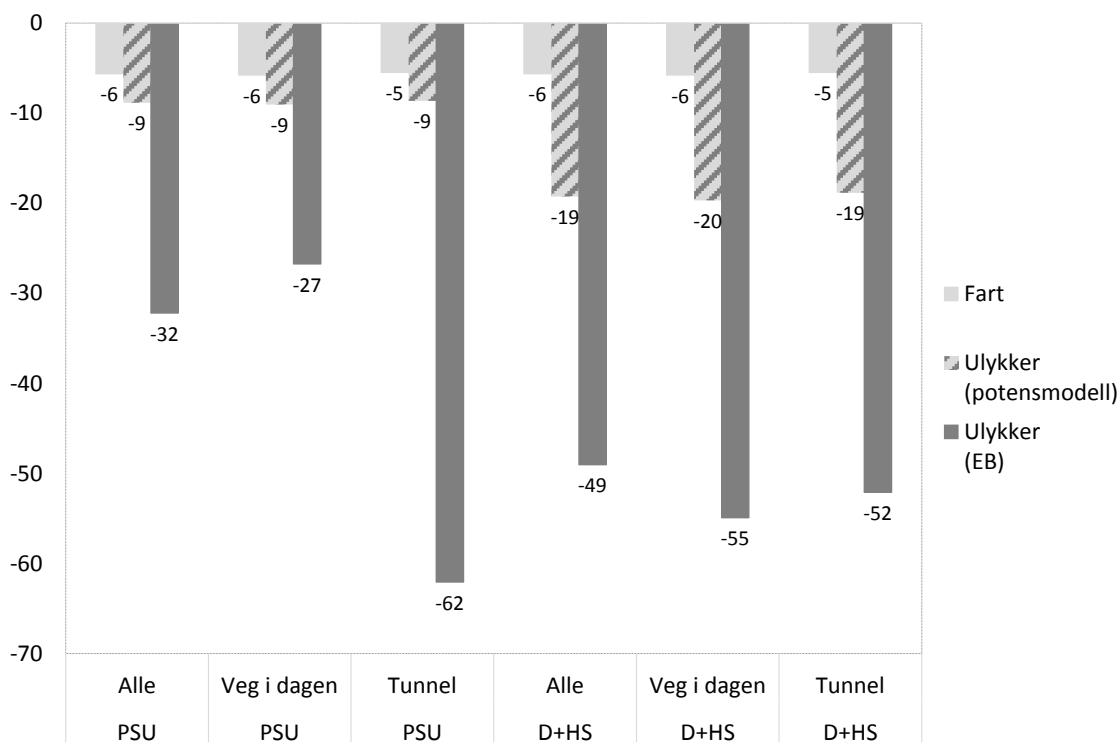
For flere av SATK-strekningene foreligger resultater fra fartsmålinger før og etter at SATK ble installert (Ragnøy, 2011, 2013). Resultatene fra fartsmålingene er sammenfattet i tabell 4.6.1. De gjennomsnittlige virkningene på fart på alle SATK-strekningene, på SATK-strekningen i tunneler og på SATK-strekninger i dagen er beregnet som vektete gjennomsnitt, hvor resultatene for de enkelte SATK-strekningene er vektet med det årlige trafikkarbeidet (mill. kjøretøykilometer per år). De to høyre kolonnene i tabell 4.6.1 viser virkningen på antall PSU og D+HS som er estimert med hjelp av potensmodellen ut fra virkningen på fart. Potensmodellen beskriver den generelle sammenhengen mellom endringer av gjennomsnittsfart og endring av antall ulykker, basert på et stort antall empiriske studier (Elvik, 2009). Ifølge denne modellen er forholdet mellom ulykker i situasjon B og A (A og B er for eksempel før og etter at et tiltak er satt inn) lik forholdet mellom gjennomsnittsfarten i situasjon B og A, opphøyd med en eksponent som er 1,6 for PSU, 3,5 for HS og 4,5 for D.

Tabell 4.6.1: Virkninger av SATK på gjennomsnittsfarten (Ragnøy, 2011, 2013) og virkninger på antall PSU og D+HS som er estimert med hjelp av potensmodellen ut fra virkningene på fart.

	Fart før	Fart etter	Virkning på fart		Virkning på ulykker ut fra virkningen på fart	
			km/t	%	PSU	D+HS
Barkald	88,5	78,3	-10,2	-12 %	-18 %	-36 %
Rosten	89,4	80,6	-8,8	-10 %	-15 %	-32 %
Dørdal	76,7	74,0	-2,7	-4 %	-6 %	-12 %
Eiksundtunnel S	84,4	75,2	-9,2	-11 %	-17 %	-35 %
Eiksundtunnel N/S	79,3	74,8	-4,5	-6 %	-9 %	-19 %
Helltunnel N	77,9	75,3	-2,6	-3 %	-5 %	-12 %
Tromsøysund S	80,3	73,6	-6,7	-8 %	-13 %	-28 %
Tromsøysund N	79,6	73,7	-5,9	-7 %	-12 %	-25 %
Alle strekninger				-6 %	-9 %	-19 %
Veg i dagen				-6 %	-9 %	-20 %
I tunnel				-5 %	-9 %	-19 %

Figur 4.6.1 viser virkningen av SATK på gjennomsnittsfarten, virkningene på antall PSU og D+HS som er estimert med hjelp av potensmodellen ut fra virkningen på fart, og virkningene på antall PSU og D+HS som er funnet i EB-evalueringen. Resultatene for PSU fra EB-evalueringen er beregnet på samme måte som resultatene i avsnitt 4.4, men kun basert på strekningene hvor det foreligger fartsmålinger. Resultatene fra EB-evalueringen for D+HS er basert på alle SATK-strekningene fordi det ikke er mulig å beregne virkninger på D+HS kun på de strekningene med fartsmålinger (ingen av disse strekningene hadde D+HS i etterperioden).

Resultatene i figur 4.6.1 og tabell 4.6.1 viser at virkningene på både PSU og D+HS gjennomgående er større enn virkningene som man kunne ha forventet ut fra virkningene på fart. For alle strekningene sett under ett er virkningene på PSU og D+HS nesten tre ganger så stor som forventet ut fra virkningen på fart. I tunnelene er forskjellen enda større, især for PSU. At virkningen på antall PSU i tunneler er mye større enn virkningen som er beregnet med hele datamaterialet kan bero på tilfeldigheter. Det er kun tre SATK-strekninger på veg i dagen hvor det foreligger resultater fra fartsmålinger. Virkningen på PSU som ble funnet for alle SATK-strekningene i dagen er noe mindre enn den man ville ha forventet ut fra virkningen på fart.



Figur 4.6.1: Virkningen av SATK på gjennomsnittsfarten, virkningene på antall PSU og D+HS som er estimert med hjelp av potensmodellen ut fra virkningene på fart, og virkningene på antall PSU og D+HS som er funnet i EB-evalueringen (virkningene på antall PSU (EB) er basert kun på strekninger med fartsmålinger, virkningene på antall D+HS (EB) er basert på alle SATK-strekningene).

4.7 Nedstrømsanalyse

Virkningen av SATK på strekninger nedstrøms for SATK-strekningene (med trafikkretningen) er analysert for SATK-strekningene på veg i dagen. For tunnelstrekningene er ingen slik analyse gjort. De fleste tunnelene er undersjøiske hvor SATK er installert i bratte nedoverbakker. På seks av de åtte tunnelstrekningene er SATK installert i begge nedoverbakkene, slik at det ikke gjenstår mye av tunnelene hvor det ikke er SATK.

4.7.1 Beskrivelse av datamateriale i nedstrømsanalysen

Tabell 4.7.1 viser en oversikt over nedstrømsstrekningene. For alle SATK-strekningene på veg i dagen er de første 3 km før og etter SATK-strekningene tatt med i analysen. Ett unntak er Harestua hvor vegen går inn i en tunnel ca. 500 m nord for SATK-strekningen. Her inngår strekningen fram til toplankrysset rett før tunnelen i nedstrømsanalysen. Ett annet unntak er SATK-strekningen på Dørdal hvor SATK kun er i én kjøreretning. Her inngår kun strekningen nedstrøms for SATK-strekningen i analysen. Vegegenskaper som fartsgrense, antall kjørefelt og trafikkmengde er de samme på nedstrømsstrekningene som på de respektive SATK-strekningene. Antall kryss, ramper og kurver kan være forskjellige.

Ulykkestallene i tabell 4.7.1 viser at på halvparten av nedstrømsstrekningene har det registrerte antall PSU vært høyere enn det normale antallet i førperioden og det samme gjelder for D+HS på fire av de seks strekningene (når man runder de normale tallene til neste hele tall). De øvrige strekningene hadde omtrent like mange registrerte og normale PSU og D+HS. I sum er også de registrerte antallene PSU og D/H høyere enn normalt, noe som tyder på at resultatene kan være påvirket av regresjonseffekter. Antall registrerte PSU har vært 30% høyere enn normalt, antall registrerte D+HS har vært omtrent dobbelt så høyt som normalt. På SATK-strekningene på veg i dagen har forskjellen vært på -24% for PSU (-6% uten Finstad) og på 89% for D+HS. På nedstrømsstrekningene kan man følgelig forvente *større* regresjonseffekter enn på SATK-strekningene, noe som er uventet dersom mange alvorlig ulykker har vært et kriterium for installering av SATK.

Tabell 4.7.1: PSU og D+HS på alle SATK-strekningene i før- og etterperioden. Registrerte ulykkestall som er større enn de normale ulykkestall (rundet til hele tall) er markert med grå bakgrunn.

Nedstrøms- strekning	Installerings- dato	Etter- periodens lengde (mnd.)	Samlet lengde (km)	PSU			D+HS		
				Norm. antall før	Reg. antall før	Reg. antall etter	Norm. antall før	Reg. antall før	Reg. antall etter
Barkald	2010 (mai)	36	6,00	1,27	3	1	0,34	3	0
Finstad	2012 (juli)	15	6,00	5,77	6	1	0,61	4	0
Rosten	2009 (juli)	36	6,00	2,65	4	1	0,99	2	0
Harestua	2012 (sep.)	13	3,39	0,75	1	0	0,30	0	0
Bromma	2011 (mai)	29	6,00	3,18	3	2	1,12	1	5
Dørdal	2009 (aug.)	36	3,00	0,94	2	1	0,26	1	0
Sum		165	30,39	14,56	19	6	7,41	11	5
Per år					6,3	2,6		3,7	2,2
Effekt på ulykker per år						-58 %		-40 %	

4.7.2 Før-etter nedstrømsanalyse uten kontrollgruppe

Tabell 4.7.2 viser resultatene fra FE analysen uten kontrollgruppe for nedstrømsstrekningene. Både for PSU og for D+HS ble det funnet store reduksjoner. Ingen av resultatene er statistisk signifikante, men resultatet for PSU er ikke langt fra å være signifikant.

Den nederste delen av tabell 4.7.2 viser registrerte antall PSU og D+HS per million kjøretøykilometer på nedstrømsstrekningene, og til sammenligning også på SATK-strekningene (basert på data som er vist i tabell 4.2.1). Både antall PSU og antall D+HS per mill. kjøretøykilometer har vært mye høyere på nedstrømsstrekningene enn på SATK-strekningene i førperioden (og antall D+HS også i etterperioden). Dette er konsistent med at både antall PSU og antall D+HS i større grad er forskjellige fra (høyere enn) normalt på nedstrømsstrekningene enn på SATK-strekningene.

Tabell 4.7.2: Virkning av SATK på antall PSU og D+HS i en FE studie uten kontrollgruppe.

Nedstrøms- strekning	Mill. kjt.km		PSU				D+HS			
	Før	Etter	Reg. før	Reg. etter	Eff. (%) (KI)	Sign. (2-sid.)	Reg. før	Reg. etter	Eff. (%) (KI)	Sign. (2-sid.)
Barkald	13,41	12,51	3	1			3	0		
Finstad	28,31	12,19	6	1			4	0		
Rosten	21,79	22,88	4	1			2	0		
Harestua	29,41	10,89	1	0			0	0		
Bromma	26,19	21,72	3	2			1	5		
Dørdal	29,30	30,24	2	1			1	0		
Alle	148,4	110,4	19	6	-58 (-83; +6)	7%	11	5	-39 (-79; +76)	36%
Alle – antall per mill. kjt.km										
- Nedstrømsstrekningene			0,128	0,054			0,074	0,045		
- SATK-str., veg i dagen			0,090	0,061			0,043	0,011		

4.7.3 Før-etter nedstrømsanalyse med kontrollgruppe

Tabell 4.7.3 viser resultatene fra FE analysen med kontrollgruppe for nedstrømsstrekningene. I denne analysen er det kontrollert for de samme faktorene som i EB-evalueringen, unntatt regresjonseffekter. Både for PSU og for D+HS ble det funnet store reduksjoner, men resultatene er langt fra å være statistisk signifikante som de store konfidensintervallene og de høye signifikansnivåene viser.

Tabell 4.7.3: Virkning av SATK på nedstrømsstrekningene på antall PSU og D+HS i en FE studie med kontrollgruppe.

Nedstrøms- strekning	PSU					D+HS				
	Reg. før	Forv. etter ¹	Reg. etter	Eff. (%) (KI)	Sign. (2-sid.)	Reg. før	Forv. etter ¹	Reg. etter	Eff. (%) (KI)	Sign. (2-sid.)
Barkald	3	2,13	1			3	2,13	0		
Finstad	6	2,00	1			4	1,33	0		
Rosten	4	3,30	1			2	1,65	0		
Harestua	1	0,29	0			0	0,00	0		
Bromma	3	1,94	2			1	0,65	5		
Dørdal	2	1,61	1			1	0,80	0		
Alle	19	11,27	6	-47 (-80; +43)	21%	11	6,57	5	-24 (-76; +144)	65%

¹ «Forventet etter» er beregnet ut fra ulykkestallene i førperioden og endringen av normale ulykkestall fra før-til etterperioden, og må ikke forveksles med forventede ulykkestall i EB-evalueringen.

4.7.4 Før-etter empirisk Bayes evaluering på nedstrømsstrekningene

Resultatene fra EB evalueringen er vist i tabell 4.7.4 for PSU og i tabell 4.7.5 for D+HS. For PSU ble det funnet en reduksjon på 46% som er statistisk signifikant. For antall D+HS ble det funnet en økning på 30% som er langt fra å være statistisk signifikant.

Tabell 4.7.4: Virkning av SATK på nedstrømsstrekningene på antall PSU i EB-evalueringen.

Nedstrøms- strekning	Registrert		Normalt		Forventet		Over- spr.- par.	EB- vekt	Virkning (EB)		
	Før	Etter	Før	Etter	Før	Etter			Eff. (%)	KI	Sign. (2-sid.)
Barkald	3	1	1,27	0,91	2,82	2,01	0,146	0,103			
Finstad	6	1	5,77	1,93	6,00	2,00	0,119	0,020			
Rosten	4	1	2,65	2,19	3,94	3,25	0,118	0,043			
Harestua	1	0	0,75	0,22	0,96	0,28	0,148	0,165			
Bromma	3	2	3,18	2,05	3,01	1,94	0,118	0,036			
Dørdal	2	1	0,94	0,76	1,86	1,50	0,141	0,130			
Alle	19	6	14,56	8,04	18,59	10,97			-46	(-64; -29)	0%

Tabell 4.7.5: Virkning av SATK på nedstrømsstrekningene på antall D+HS i EB-evalueringen.

Nedstrøms- strekning	Registrert		Normalt		Forventet		Over- spr.- par.	EB- vekt	Virkning (EB)		
	Før	Etter	Før	Etter	Før	Etter			Eff. (%)	KI	Sign. (2-sid.)
Barkald	3	0	0,34	0,24	0,83	0,57	1,526	0,816			
Finstad	4	0	0,61	0,20	1,91	0,62	0,989	0,617			
Rosten	2	0	0,99	0,77	1,49	1,17	1,016	0,507			
Harestua	0	0	0,30	0,09	0,23	0,07	0,994	0,766			
Bromma	1	5	1,12	0,71	1,06	0,67	0,989	0,469			
Dørdal	1	0	0,26	0,20	0,44	0,34	0,852	0,763			
Alle	11	5	3,63	2,21	5,95	3,43			+30	(-92; +125)	63%

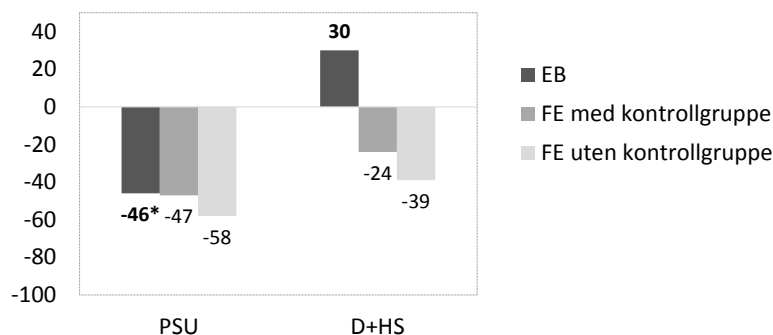
4.7.5 Oppsummering av resultatene fra nedstrømsanalysen

Resultatene fra nedstrømsanalysen er oppsummert i figur 4.7.1. For antall PSU ble det funnet en reduksjon på nedstrømsstrekningene som er betydelig større enn på SATK-strekningene. Resultatet fra EB-evalueringen er statistisk signifikant, men ikke resultatene fra de to andre forsøksoppleggene. Virkningen er nesten den samme i EB-evalueringen og i FE studien med kontrollgruppe, som har kontrollert for de samme faktorene som EB-evalueringen unntatt regresjonseffekter. Dette tyder på at det ikke er regresjonseffekter, til tross for at det registrerte antall PSU i førperioden var 30% høyere enn det normale antallet. Forklaringen er at de forventede antallene PSU i førperioden er nesten like høye som de registrerte fordi de normale antallene PSU kun har fått små vekter i beregningen i de forventede antallene (se tabell 4.7.4). At resultatet fra EB-evalueringen er signifikant, men ikke resultatet fra FE studien med kontrollgruppe, skyldes at EB-evalueringen generelt gir mer presise resultater enn andre forsøksopplegg.

Før antall D+HS ble det funnet reduksjoner i FE studiene med og uten kontrollgruppe, men en økning i EB-evalueringen. Sistnevnte skyldes at det registrerte antall D+HS i førperioden har vært dobbelt så høyt som normalt. Dermed er det en stor regresjonseffekt og kontrollen for denne i EB-evalueringen medfører et langt mer ugunstig resultat. Ingen av resultatene for D+HS er imidlertid statistisk signifikante og konfidensintervallene er så store (244 prosentpoeng i EB-evalueringen) at det er tvilsomt om det i det hele tatt er meningsfylt å tolke resultatene. Resultatet er for øvrig svært sensitivt for det registrerte antall D+HS i etterperioden. Det har vært kun én ulykke med D+HS i etterperioden og det var fem D+HS i denne ulykken. Hadde det sisset noen færre personer i de to involverte bilene slik at det hadde vært kun to D+HS i denne ulykken hadde EB-evalueringen funnet en nesten-signifikant reduksjon av antall D+HS på 48% (konfidensintervall [-97; +1]). Hadde det vært tre D+HS hadde det også blitt funnet en reduksjon (-22% [-95; +51]). I tillegg virker det lite trolig at antall D+HS faktisk har økt når det ble funnet en stor og signifikant reduksjon av antall PSU.

Et funn som er noe overraskende er at regresjonseffektene, både for PSU og for D+HS, er større på nedstrømsstrekningene enn på SATK-strekningene. Den mest sannsynlige forklaringen er at dette skyldes tilfeldige svingninger i ulykestallene. Ingen av nedstrømsstrekningene har vesentlig andre vegegenskaper enn SATK-strekningene (den delen av en av nedstrømsstrekningene som ligger i tunnel er tatt ut av nedstrøms-evalueringen).

Konklusjonen er derfor at antall PSU har gått ned på nedstrømsstrekningene og at datagrunlaget er for lite for å kunne si noe om virkningen på antall D+HS.



Figur 4.7.1: Resultatene fra nedstrømsanalysen i EB evalueringen og i FE analysene med og uten kontrollgruppe. Signifikant resultat er merket med *.

5 Oppsummering og konklusjoner

Virkingen av SATK på antall PSU og D+HS er undersøkt med tre ulike forsøksopplegg. Det enkleste, en FE studie uten kontrollgruppe, har kun kontrollert for endringer av trafikkarbeidet fra før- til etterperioden (inkludert ulike lengder av før- og etterperiodene). En FE studie med kontrollgruppe har i tillegg kontrollert for generelle endringer av ulykkesrisikoen over tid, endringer av trafikkmengden, fartsgrenseendringer og PATK på noen SATK-strekninger i førperioden. En EB-evaluering har kontrollert for de samme faktorene og i tillegg for regresjonseffekter. Når man ser på de absolutte årlige ulykkestallene har det vært en stor nedgang av både antall PSU og antall D+HS fra før- til etterperioden. Denne kan imidlertid delvis forklares med andre endringer enn installeringen av SATK. Regresjonseffekter ser også ut til å ha påvirket resultatene fra FE studiene uten kontroll for regresjonseffekter. I tunnelene kan regresjonseffektene imidlertid være overestimert fordi det ikke var mulig å ta hensyn til at de fleste SATK-strekningene i tunnel ligger i bratte nedoverbakker i undersjøiske tunneler. Dermed kan de normale ulykkestallene og de estimerte virkningene i EB-evalueringen være underestimert. Unormalt høye / lave ulykkestall på to strekninger har også påvirket noen av resultatene.

Med kontroll for regresjonseffekter og en rekke andre faktorer (endringer av trafikkmengden og ulykkesrisikoen over tid, samt fartsgrenseendringer og PATK på noen av SATK-strekningene i førperioden) ble det funnet en reduksjon av antall PSU på 12% og en reduksjon av antall D+HS på 49% på alle SATK-strekningene sett under ett. Når man tar hensyn til trolig underestimerte regresjonseffekter i tunnelene og store avvik mellom normale og registrerte ulykkestall på to strekninger som trolig er et resultat dels av tilfeldigheter og dels unøyaktige modellberegninger, kan antall PSU være redusert med opptil 22% og antall D+HS med omtrent 55%.

I tunnelene ble det funnet en større virkning av SATK på PSU enn på veger i dagen. Antall PSU kan være redusert med opptil 25% i tunnelene, mens det ble funnet en reduksjon på 12% på veg i dagen. For antall D+HS er virkingen i tunnelene omtrent like stor som på veg i dagen, eller muligens noe større (redusert med mellom 54% og 59% når man tar hensyn til overestimerte regresjonseffekter i tunnel og unormalt mange D+HS på én tunnelstrekning). Forskjellene mellom tunnel og veg i dagen er imidlertid så små i forhold til konfidensintervallene at det er mulig at de er resultat av tilfeldigheter.

Alt i alt er virkningene som ble funnet på antall PSU og D+HS større enn man kunne forvente ut fra virkningen på fart. At virkningen på D+HS er mye større enn virkningen på PSU er i samsvar med at fart generelt har større betydning for mer alvorlige ulykker. Alle SATK-strekningene sett under ett er virkningen på PSU og D+HS nesten tre ganger så stor som forventet ut fra virkningen på fart, beregnet med potensmodellen. En lignende forskjell mellom virkningen på ulykker som er estimert i empiriske studier og ut fra virkningen på fart ble også funnet i en meta-analyse av virkninger av PATK på fart (Høye, 2014A). En mulig forklaring er at potensmodellen er utviklet ut fra den generelle sammenhengen mellom fartsendringer (som regel som følge av endret fartsgrense) og ulykker, mens fartsendringen som ble funnet i denne studien er en følge av fartskontroll. Fartsendringer som følge av økt politikontroll kan tenkes å ha en generelt større virkning på ulykker enn fartsendringer som følge av fartsgrensendringer. En annen mulig forklaring er unøyaktigheter i prediksjonene fra potensmodellen og i resultatene fra evalueringen. Hadde man beregnet den forventede virkningen på antall ulykker med hjelp av eksponentialmodellen som er en videreutvikling av potensmodellen (Elvik, 2013) hadde forskjellen mellom forventet virkning på PSU og D+HS og virkningen som ble funnet empirisk vært mindre. Likevel tyder resultatene på at det er lite trolig at den positive effekten av fartsreduksjonen på veger med SATK blir «spist opp» av uheldige bivirkninger, for eksempel at førere er så fokusert på å holde farten at dette virker distraherende og øker ulykkesrisikoen. En slik (hypotetisk) distraherende effekt ville uansett bli mindre over tid på grunn av den økte utbredelsen av biler med automatic cruise control (ACC).

På strekningene nedstrøms for SATK-strekningene på veg i dagen (3 km i hver retning) ble det funnet en stor og signifikant reduksjon av antall PSU. Dette til tross for at det kun er halvparten av all trafikk på disse strekningene som kommer fra SATK-strekningen. Antall D+HS på nedstrømsstrekningene er for lite for å trekke noen konklusjoner om hvordan antall D+HS har endret seg fra før- til etterperioden. Disse resultatene tyder på at SATK har en positiv virkning på antall ulykker også nedstrøms for SATK-strekningene og at det er lite trolig at SATK medfører fartsøkninger nedstrøms for kontrollområdet.

6 Referanser

- Amundsen, F.H. & Engebretsen, A. (2008). Trafikkulykker i vegtunneler 2. En analyse av trafikkulykker i vegtunneler på riksvegnettet for perioden 2001 – 2006. Statens vegvesen, Veg og trafikkavdelingen, Trafikksikkerhetsseksjonen.
- Christensen, R. (1990). Log-linear models. New York: Springer.
- Elvik, R. (2008). The predictive validity of empirical bayes estimates of road safety. *Accident Analysis and Prevention*, 40, 1964–1969.
- Elvik, R. (2009). The power model of the relationship between speed and road safety. TØI-report 1034. Oslo: Institute of Transport Economics.
- Elvik, R. (2012). Fartsgrenser. Kapittel 3.11 i Trafikksikkerheshåndboken. <http://tsh.toi.no>
- Elvik, R. (2013). A re-parameterisation of the power model of the relationship between the speed of traffic and the number of accidents and accident victims. *Accident Analysis & Prevention*, 50, 854-860.
- Hauer, E., Harwood, D. W., Council, F. M., & Griffith, M. S. (2002). Estimating safety by the empirical Bayes method: A tutorial. *Transportation Research Record*, 1784, 126-131.
- Hauer, E. (1997). *Observational before-after studies in road safety*. Oxford, UK: Pergamon Press, Elsevier Science Ltd.
- Høy, A. (2014A). Automatisk trafikkontroll. Kapittel 8.2 i Trafikksikkerheshåndboken. <http://tsh.toi.no>
- Høy, A. (2014B). Utvikling av ulykkesmodeller for ulykker på riks- og fylkesvegnettet i Norge. TØI-Rapport 1323/2014. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Høy, A. & Sagberg, F. (2014). Evaluering av effekt på ulykker ved bruk av punkt- og streknings-ATK. Forprosjekt: Metodisk opplegg og drøfting av praktiske problemstillinger, TØI-arbeidsdokument 50535. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Persaud, B., Retting, R. A., Garder, P., & Lord, D. (2001). Safety effects of roundabout conversions in the united states. *Transportation Research Record*, 1751, 1-8.
- Persaud, B., Council, F. M., Lyon, C., Eccles, K., & Griffith, M. (2005). Multijurisdictional safety evaluation of red light cameras. *Transportation Research Record*, 1922, 29-37.
- Ragnøy, A. (2011). Streknings-ATK. VD Rapport nr. 1. Statens vegvesen, Vegdirektoratet.
- Ragnøy, A. (2013). Streknings-ATK i tunnel. Målt effekt på kjørefart, beregnet effekt på ulykker. Statens vegvesens rapporter, Nr. 142. Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen.
- Soole, D. W., Watson, B. C., & Fleiter, J. J. (2013). Effects of average speed enforcement on speed compliance and crashes: A review of the literature. *Accident Analysis & Prevention*, 54(0), 46-56.
- SWOV. (2011). The road safety of motorway tunnels. SWOV Fact Sheet. Leidschendam, The Netherlands.

Vedlegg 1: Ulykkesmodeller for tunneler

For å kunne beregne normale ulykkestall for strekninger i tunnel er det beregnet ulykkesmodellene som er basert på ulykkesmodellene som er beskrevet av Høye (2014B) og som, i tillegg til alle øvrige prediktorene, også inneholder flere prediktorvariabler for tunneler.

Datagrunnlag

Datagrunnlaget for de nye modellene er det samme som for de opprinnelige modellene (som ikke inneholder tunneler), men utvidet med tunneler. Data for 505 tunneler var tilgjengelig (49% av 1028 norske vegtunneler), derav:

- 14 undersjøiske ettløpstunneler med en gjennomsnittlig lengde på 3,551 km
- 4 undersjøiske tunneler med to eller flere løp, med en gjennomsnittlig lengde på 7,500 km
- 419 ettløpstunneler som ikke er undersjøiske og som har en gjennomsnittlig lengde på 1,238 km
- 68 toløpstunneler som ikke er undersjøiske og som har en gjennomsnittlig lengde på 1,223 km

I disse tunnelene har det vært 502 personskadeulykker med til sammen 37 drepte, 49 hardt skadde og 687 lett skadde som inngår i datamaterialet. Tunneler som er åpnet etter 2006 inngår kun med ulykkene etter at tunnelen ble åpnet for trafikk.

Det er også gjort modellberegninger med kun tunnelene som datagrunnlag, men da er koeffisientene til dels svært ulogiske og avviker i så stor grad fra de opprinnelige modellene, at det er valgt å benytte hele det opprinnelige datagrunnlaget, pluss tunnelene, for de nye modellberegningene med prediktorer for tunnel. Avvikene og de dels ulogiske koeffisientenes skyldes trolig for det meste det forholdsvise lite antall ulykker i forhold til antall prediktorer.

Modellform og prediktorvariabler for tunneler

Modellene har samme modellform som de opprinnelige modellene, dvs. negative binomialmodeller med variabel overspredningsparameter. Modellene har også de samme prediktorvariablene, både for antall ulykker og overspredningsparameteren, som de opprinnelige modellene. I tillegg inngår følgende prediktorvariabler som representerer tunneler i modellene:

- Tunnel (ja / nei)
- Toløpstunnel (ja / nei)
- Undersjøisk tunnel (ja / nei)
- Tunnellengde (under 1 km = kort tunnel; over 1 km = lang tunnel).

Koeffisienter for tunnelvariablene

Tabell V.1 viser koeffisientene for tunnelvariablene. Koeffisientene for de øvrige prediktorvariablene, inkludert koeffisientene for overspredningsparameteren, avviker kun i svært liten grad fra koeffisientene i de opprinnelige modellene.

Tabell V.1: Koeffisientene for tunnelvariablene.

	PSU		LS		HS		D		D+HS	
	Koeff.	ρ	Koeff.	ρ	Koeff.	ρ	Koeff.	ρ	Koeff.	ρ
Tunnel	-0,303	0,001	-0,338	0,001	-0,232	0,303	0,421	0,135	0,001	0,996
Toløpstunnel	-0,064	0,590	-0,157	0,218	-0,616	0,140	0,353	0,504	-0,353	0,287
Undersjøet.	-0,407	0,080	-0,533	0,035	-1,131	0,148	0,192	0,744	-0,217	0,630
Kort tunnel	0,326	0,004	0,462	0,000	0,187	0,586	-0,381	0,431	-0,027	0,924

Hvordan ulike typer tunneler påvirker normale ulykkestall er vist i tabell V.2. Eksempelvis har tunneler generelt (alle typer tunnel sett under ett) i gjennomsnitt 26% færre PSU enn veg i dagen og toløpstunneler har 31% færre PSU enn veg i dagen.

Tabell V.2: Virkning av tunneler generelt og ulike typer tunneler på normale ulykkestall (prosentvise endringer av antall PSU, LS, HS, D og D+HS). Beregnet med den opprinnelige modellen som er utvidet med tunneler i datagrunnlaget og koeffisienter for tunneler og tunnelegenskaper i modellen.

	PSU	LS	HS	D	D+HS
Tunnel vs. veg i dagen	-26	-29	-21	52	0
Toløpst.- vs. veg i dagen	-31	-39	-57	117	-30
Undersjøisk ettløps vs. veg i dagen	-51	-58	-74	85	-19
Undersjøisk toløps vs. veg i dagen	-54	-64	-86	163	-43
Kort tunnel vs. veg i dagen	2	13	-4	4	-3
Toløps- vs. ettløps tunnel	-6	-15	-46	42	-30
Undersjøisk vs. annen tunnel	-33	-41	-68	21	-20
Kort tunnel vs. lang tunnel	39	59	21	-32	-3

Justering for inngangssonene

I datagrunnlaget for modellberegningene inngår for de aller fleste tunnelene inngangssonen og de første 100 m veg utenfor tunnelen. I denne sonen har det vist seg at ulykkesrisikoen er høyere enn midt i tunnelen. De fleste SATK-strekningene i tunneler er i tunnelens midtsone. De normale ulykkestallene som er beregnet med modellen må derfor justeres for forskjeller i ulykkesrisikoen mellom inngangs- og midtsone. Hvis man forutsetter at de beregnede normale ulykkestallene gjelder en hel tunnel, inkludert inngangssonen, er det normale antall ulykker en funksjon av tunnellengden, inngangssonens lengde (til sammen 400 m per tunnel), den relative risikoen i midtsonen og antall ulykker i midtsonen etter følgende formel:

$$y = \frac{400}{Lengde} * \frac{x}{Rel.risiko} + \frac{Lengde - 400}{Lengde} * x$$

Hvor **Lengde** er tunnallengden (eller lengden på SATK-strekningen i tunnel), **y** er det normale antall ulykker i hele tunnelen inkludert inngangssone, **x** er det normale antall ulykker i midtsonen, **Rel. risiko** er den relative risikoen i midtsonen (i forhold til risikoen i hele tunnelen) og **400** er inngangssonens lengde i meter. Antall ulykker i midtsonen er følgelig:

$$x = \frac{y}{\left(\frac{400}{Lengde * Rel.risiko} + \frac{Lengde - 400}{Lengde} \right)}$$

Med denne formelen er de normale ulykkestallene som er beregnet med ulykkesmodellen for tunneler justert for forskjeller for ulykkesrisikoen i midt- og inngangssonen.

Den relative risikoen i midtsonen (i forhold til risikoen i inngangssonen) er for ulike typer tunnel beregnet etter Amundsen & Engebretsen (2008) som har oppgitt ulykkesrisikoen i inngangs- og midtsonen som vist i tabell V.3. Den relative risikoen i midtsonen er beregnet som forholdet mellom risikoen i sone 4 og den gjennomsnittlige risikoen i sonene 1-3 (hvor risikoen i sonene 1-3 er vektet den respektive andelene av inngangssonen, henholdsvis 25%, 25% og 50%).

Tabell V.3: Ulykkesrisiko i ulike tunnelsoner i ulike typer tunnel (Amundsen & Engebretsen, 2008) og relativ risiko i midtsonen.

Sone		Alle tunneler	Ettløps-tunneler	Undersjøiske tunneler	Toløps-tunneler, by	Toløps-tunneler, land
Sone 1	Siste 50 m før tunnelinngang	0,30	0,24	0,16	0,31	0,27
Sone 2	Første 50 m i tunnel	0,32	0,26	0,25	0,38	0,06
Sone 3	Neste 100 m i tunnel	0,18	0,19	0,12	0,16	0,06
Sone 4	Midtsonen (resten av tunnelen)	0,08	0,07	0,09	0,12	0,03
Rel. risiko i sone 4		0,33	0,32	0,55	0,48	0,27

Transportøkonomisk institutt (TØI)

Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning

TØI er et anvendt forskningsinstitutt, som mottar basisbevilgning fra Norges forskningsråd og gjennomfører forsknings- og utredningsoppdrag for næringsliv og offentlige etater. TØI ble opprettet i 1964 og er organisert som uavhengig stiftelse.

TØI utvikler og formidler kunnskap om samferdsel med vitenskapelig kvalitet og praktisk anvendelse. Instituttet har et tverrfaglig miljø med rundt 70 høyt spesialiserte forskere.

Instituttet utgir tidsskriftet Samferdsel med 10 nummer i året og driver også forskningsformidling gjennom TØI-rapporter, artikler i vitenskapelige tidsskrifter, samt innlegg og intervjuer i media. TØI-rapportene er gratis tilgjengelige på instituttets hjemmeside www.toi.no.

TØI er partner i CIENS Forskningscenter for miljø og samfunn, lokalisert i Forskningsparken nær Universitetet i Oslo (se www.ciens.no). Instituttet deltar aktivt i internasjonalt forsknings-samarbeid, med særlig vekt på EUs rammeprogrammer.

TØI dekker alle transportmidler og temaområder innen samferdsel, inkludert trafiksikkerhet, kollektivtransport, klima og miljø, reiseliv, reisevaner og reiseetterspørsel, arealplanlegging, offentlige beslutningsprosesser, næringslivets transport og generell transportøkonomi.

Transportøkonomisk institutt krever opphavsrett til egne arbeider og legger vekt på å opptre uavhengig av oppdragsgiverne i alle faglige analyser og vurderinger.

Besøks- og postadresse:

Transportøkonomisk institutt
Gautstadalléen 21
NO-0349 Oslo

22 57 38 00
toi@toi.no
www.toi.no