

Hastighetsfördelningar och potensmodellen

Anna Vadeby

Åsa Forsman

Förord

Detta PM utgör slutrapport i projektet ” *Potensmodellen applicerad på hastigheter hos enskilda fordon - validering*”. Projektets övergripande syfte är att studera om det är rimligt att använda potensmodellen på individuella fordons hastigheter i samband med utvärdering av åtgärder som påverkar olika delar av hastighetsspannet olika mycket. Anna Vadeby har varit projektledare och har tillsammans med Åsa Forsman genomfört projektet. Vi vill speciellt tacka Susanne Gustafsson som språkgranskat PM:et och kommit med värdefulla synpunkter.

Slutrapporten är framtagen med ekonomiskt stöd från Trafikverkets Skyltfond. Ståndpunkter, slutsatser och arbetsmetoder i rapporten reflekterar författarna och överensstämmer inte med nödvändighet med Trafikverkets ståndpunkter, slutsatser och arbetsmetoder inom rapportens ämnesområde.

Linköping juni 2014

Anna Vadeby

Innehållsförteckning

1	Inledning	9
1.1	Syfte.....	10
2	Metod.....	11
2.1	Studier av hastighetsfördelningen.....	11
2.1.1	Olika typer av automatisk hastighetsövervakning	11
2.1.2	Data	12
2.2	Trafiksäkerhetsanalyser.....	12
2.2.1	Regressionseffekter	13
2.2.2	Potensmodellen	13
2.2.3	Exponentialmodellen	14
2.2.4	Modeller applicerade på individuella fordon	15
3	Resultat: Åtgärders effekt på hastighetsfördelningen	17
3.1	Några svenska exempel	17
3.1.1	Utvärderingar av ATK och "Pay as you drive"	17
3.1.2	Förändringar av hastighetsfördelningen	18
3.2	Internationell utblick	22
4	Resultat: Trafiksäkerhetsanalyser.....	25
4.1	Internationell utblick	25
4.2	Jämförelser mellan faktiskt olycksutfall och potensmodellen	27
4.3	Riskberäkningar.....	28
4.3.1	Aggregerad och individuell tillämpning av potensmodellen	28
4.3.2	Jämförelse mellan potens- och exponentialmodellen	30
4.3.3	Skattningarnas osäkerhet	31
5	Sammanfattande diskussion.....	33
	Referenser.....	35
	Bilaga 1: Hastighetsfördelningar.....	37
	Bilaga 2: Åtgärders effekt på olika spridningsmått.....	39

Hastighetsfördelningar och potensmodellen

av Anna Vadeby och Åsa Forsman
VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut
581 95 Linköping

Sammanfattning

I samband med målstyrningsarbetet gentemot etappmålet om maximalt 220 dödade i trafiken år 2020 diskuteras olika åtgärder som syftar till att sänka trafikanternas hastigheter och öka hastighetsefterlevnaden. Ökad hastighetsefterlevnad och sänkta medelhastigheter har stor potential när det gäller att minska antalet dödade och svårt skadade i trafiken. Två modeller som kan användas för att studera hur en förändring av hastigheten påverkar antalet olyckor är potensmodellen och exponentialmodellen. En begränsning med dessa modeller är att de endast tar hänsyn till förändringar i medelhastighet medan man vet att vissa åtgärder som t.ex. hastighetskameror (ATK) och hastighetsstödjande system (ISA) även påverkar hastighetsspridningen och formen på hastighetsfördelningen. En tänkbar anpassning av modellerna för att kunna ta hänsyn till detta är att använda dem på individuella fordons hastighetsförändringar.

Det övergripande syftet med detta projekt är att studera om det är rimligt att använda potensmodellen på individuella fordons hastigheter i samband med utvärdering av åtgärder som påverkar olika delar av hastighetsspannet olika mycket. För att undersöka detta har vi inledningsvis studerat hastighetsfördelningar och mått som tillsammans speglar hastighetsfördelningen vid införandet av ATK och i viss mån ISA kopplad till en bonusgrundad försäkring. Därefter har vi studerat trafiksäkerhetseffekter vid införande av trafiksäkerhetskameror och jämfört potensmodellen och exponentialmodellen på hastighetsförändringar för några olika åtgärder och applicerat modellerna på medelhastigheter och individuella hastigheter.

Resultaten visar att såväl i Sverige som i många andra länder verkar det generellt sett ske en större förflyttning av hastighetsfördelningen för de höga än för de lägre hastigheterna när man inför hastighetskameror på en väg. Detta betyder att det framför allt är de som kör fortast som minskar sin hastighet samt att spridningen i hastigheter minskar.

Riskberäkningar visar att det endast är små skillnader mellan individuell och aggregerad användning av potensmodellen för lindrigt skadade medan skillnaderna ökar för svårt skadade och ännu mer för dödade då hastighetskameror införs. Skillnaden är som störst i de fall när formen på hastighetsfördelningen ändrar sig kraftigt (vid kameror och höga hastigheter i föresituationen). Om man använder potensmodellen på P85 (85-percentilen) är det stor skillnad mot att använda potensmodellen på enskilda fordon. Det medför att P85 inte verkar vara någon bra ersättning för potensmodellen individuellt, vilket var något som vi också ville undersöka i denna studie.

Vid en jämförelse mellan potens- och exponentialmodellen visar resultaten att det är ganska stor skillnad för personskadeolyckor. Exponentialmodellen ger överlag större effekter än vad potensmodellen gör. För dödade är det mindre skillnad mellan de båda modellerna även om exponentialmodellen generellt ger högre effekter även här.

Sammanfattningsvis kan konstateras att det finns ett behov av modeller som tar hänsyn till hastighetsfördelningens ändrade form vid vissa typer av åtgärder och att potensmodellen använd på individuella hastigheter är ett alternativ som ger rimliga resultat i förhållande till den ursprungliga potensmodellen. En fördel med de ursprungliga modellerna är dock deras enkelhet. Potensmodellen applicerad på individuella hastigheter blir mindre användarvänlig.

1 Inledning

Potensmodellen (Nilsson, 2004; Elvik, 2009) är en modell som uppskattar hur en förändring av medelhastigheten påverkar utfallet av såväl antalet personskadeolyckor som antalet skadade och dödade personer. Modellen används ofta både när nya åtgärder planeras och när införda åtgärder utvärderas. En ny, men liknande, modell som kallas exponentialmodellen har tagits fram av Elvik (2013, 2014) och börjat användas i bland annat Norge (Olsen, 2013; Ragnøy, 2013). Den har ungefär lika bra anpassning till data som potensmodellen men kurvan är brantare vid höga hastigheter. En egenskap hos exponentialmodellen är att den matematiskt går att dela upp så att bidraget till olycksrisken från olika delar av hastighetsfördelningen kan beräknas.

En begränsning hos både potensmodellen och exponentialmodellen är att de endast tar hänsyn till förändringar i medelhastighet medan man vet att vissa åtgärder även påverkar hastighets-spridningen och formen på hastighetsfördelningen. Exempel på sådana åtgärder är hastighetskameror (ATK¹), där man har sett att de bilförare som kör fortast påverkas mest (Vägverket, 2009), ISA² och ”Pay-as you speed” (Stigson m.fl., 2012, Stigson m.fl., 2013). I Sverige visade en utvärdering av trafiksäkerhetseffekter av ATK att reduktionen av dödade och svårt skadade enligt olycksstatistik från STRADA var något större än vad som beräknades med potensmodellen utifrån uppmätta hastighetsförändringar (Larsson och Brüde, 2010). Detta kan ses som en indikation på att man behöver utveckla metoder som tar hänsyn till hastighetsfördelningens förändring för att uppskatta olycks- och skaderisker.

I projektet ”*Hastighets-spridningens betydelse för trafiksäkerheten*” (Vadeby och Forsman, 2012) gjordes ett försök att ta hänsyn till hela hastighetsfördelningen genom att använda potensmodellen på individuella fordon. Det innebar att man vid riskberäkningar applicerade potensmodellen på de individuella fordonens hastigheter istället för fordonens medelhastighet. Resultat från studien visar att för lindrigt skadade ger de två sätten att använda potensmodellen generellt små skillnader, oavsett åtgärd. Störst skillnad fås vid högre svårhetsgrad och åtgärder såsom ATK och ISA där hastighetsfördelningen ändrar utseende mest. För de två fall (ATK på 80 respektive 90 km/tim) som studeras i Vadeby och Forsman (2012) och Vadeby (2012) ger en individuell användning av potensmodellen 6 respektive 15 procents större effekt på dödade. För åtgärder där hastighetsfördelningen endast förflyttas i sidled men inte ändrar form i övrigt (t.ex. vid ändring av hastighetsgräns), är det i princip ingen skillnad mellan att använda potensmodellen på aggregerad nivå eller på individnivå.

Resultat från Vadeby och Forsman (2012) visar att användning av potensmodellen på individnivå ger rimliga resultat när det gäller införandet av ATK. Metoden behöver dock utvärderas ytterligare. Förutsättningen att potensmodellen är giltig även för enskilda fordon kan också diskuteras. Modellen är utvecklad och validerad för medelhastigheter upp till ca 110–120 km/tim och det är inte säkert att sambandet går att extrapolera till högre hastigheter. Vid riktigt höga hastigheter kan det krävas en relativt stor förändring av hastigheten för att påverka risken att dödas vid en olycka, vilket kan göra att sambandet ser annorlunda ut för dessa hastigheter.

¹ Automatisk TrafiksäkerhetsKontroll

² Intelligent stöd för anpassning av hastighet

1.1 Syfte

Det övergripande syftet med föreliggande projekt är att studera om det är rimligt att använda potensmodellen på individuella fordons hastigheter i samband med utvärdering av åtgärder som påverkar olika delar av hastighetsspannet olika mycket. Mer specifikt är syftet:

- Att studera hastighetsfördelningar och dess förändringar vid olika åtgärder i Sverige, främst vid införandet av ATK.
- Att gå igenom internationella studier för att studera hastighetsfördelningar och dess förändring då hastighetskameror införs.
- Att, i den mån det är möjligt utifrån de internationella studierna, jämföra uppskattningar av effekter baserade på hastighetsförändringar med faktiskt utfall i olyckor och skadade.
- Att jämföra potensmodellen applicerad på medelvärde, 85-percentilen och individuell nivå samt att jämföra potensmodellen med exponentialmodellen. Här används data från utvärderingar i Sverige, främst avseende ATK.

2 Metod

Projektet avser en fördjupning i om det verkar rimligt att använda potensmodellen på individuella fordons hastigheter i samband med utvärdering av åtgärder som påverkar olika delar av hastighetsspannet olika mycket och därmed ändrar formen på hastighetsfördelningen. Denna fördjupning genomförs i flera olika steg och delas upp på detaljerade studier av hastighetsfördelningen och trafiksäkerhetsanalyser.

2.1 Studier av hastighetsfördelningen

Inledningsvis studeras exempel från Sverige och mått som tillsammans speglar förändringen av hastighetsfördelningen vid införandet av ATK och försök med ISA kopplad till en bonusgrundad försäkring, ”Pay as you speed”. Hastighetsfördelningen visar andelen fordon som kör under en viss hastighet för samtliga förekommande hastigheter och ur den kan man till exempel utläsa andel fordon över eller under hastighetsgränsen och percentiler. För följande åtgärder studeras såväl hastighetsfördelningen som olika mått före och efter åtgärdernas införande:

- ATK på väg med hastighetsbegränsning 90 km/tim (uppdelat på mätplatser vid kamera och mätplatser mellan kameror).
- ATK på väg med hastighetsbegränsning 60 km/tim (uppdelat på mätplatser vid kamera och mätplatser mellan kameror).
- ATK på väg med hastighetsbegränsning 80 km/tim (mätplatser vid kamera).
- Förändring av hastighetsgräns från 90 till 80 km/tim.

De hastighetsrelaterade mått som studeras är:

- medelhastighet (aritmetiskt medelvärde)
- standardavvikelse
- variationskoefficient (kvot mellan medelhastighet och standardavvikelse)
- medelhastighet hos dem som överskrider hastighetsgränsen
- medelhastighet hos dem som håller hastighetsgränsen
- andel som överskrider hastighetsgränsen
- andel som överskrider hastighetsgränsen med 6 km/tim eller mer
- andel som överskrider hastighetsgränsen med 30 km/tim eller mer
- P15 (15-percentilen, den hastighet som 85 % av förarna överskrider)
- P50 (medianen, den hastighet som 50 % av förarna överskrider)
- P85 (85-percentilen, den hastighet som 15 % av förarna överskrider)

Därefter görs en översiktlig litteraturgenomgång av internationella studier för att undersöka om effekterna på hastighetsfördelningen generellt följer samma mönster som i Sverige vid införande av trafiksäkerhetskameror. Fokus har varit på studier som redovisar såväl förändring av hastigheter som verkliga olyckor. I avsnitt 2.1.1 förklaras några begrepp och användning av automatisk hastighetsövervakning som studeras här.

2.1.1 Olika typer av automatisk hastighetsövervakning

Hastighetskameror används på flera olika sätt och här förklaras några begrepp som används i den här studien. Först och främst brukar man skilja på vad vi här benämner som punkt-ATK och sträck-ATK. I punkt-ATK mäts hastigheten vid en specifik punkt på vägnätet och hastigheten jämförs med vägens hastighetsgräns. Sträck-ATK baseras

på att varje fordon registreras vid två separata kamerastationer på samma sträcka och sedan beräknas medelhastigheten mellan stationerna.

I Sverige används endast punkt-ATK men man försöker hålla ihop hela sträckor genom att sätta upp flera kameror efter varandra för att motverka ett beteende där man endast sänker hastigheten vid kameran. På så sätt får man i praktiken ett mellanting mellan punkt-ATK och sträck-ATK. I Larsson och Brüde (2010) redovisas att för de ca 700 kameror som installerades 2006 är en genomsnittlig kamerasträcka ungefär 18 kilometer lång och har 7 kameror. Variationen mellan sträckor är dock mycket stor. Det genomsnittliga avståndet mellan två kameror i en riktning är ca 5 kilometer.

De kameror som är fast monterade och alltid sitter på samma ställe benämns som fasta kameror. Motsatsen är mobila kameror som är monterade på en flyttbar plattform (till exempel en skåpbil) och som polisen kan använda på ett mer flexibelt sätt. I den här studien studeras främst fasta kameror.

Det finns också flyttbara kameror som kan flyttas mellan olika, fast monterade, hållare. Till exempel kan man på en sträcka ha dubbelt så många hållare än vad man har kameror och så flyttas kamerorna runt för att förarna inte ska veta var kamerorna sitter. Flyttbara kameror har ännu bara använts på försök i Sverige (Larsson, Vadeby och Yahya, 2011).

2.1.2 Data

De data som används i den inledande analysen har hämtats från olika publicerade artiklar. Data som används i de mer detaljerade analyserna av hastighetsfördelningen kommer från den nationella utvärderingen av nya hastighetsgränssystemet, samt hastighetsdata före och efter installation av flyttbar ATK. En utförligare beskrivning av datamaterialet finns i Vadeby och Forsman (2012).

2.2 Trafiksäkerhetsanalyser

Inledningsvis används resultat från den översiktliga litteraturgenomgången som nämnts ovan för att jämföra effekter baserade på hastighetsförändringar med faktiskt utfall i olyckor och skadade. Enbart studier som behandlar så kallade regressionseffekter och har redovisat såväl hastighets- som trafiksäkerhetseffekter har tagits med i analysen. Regressionseffekter beskrivs i avsnitt 2.2.1. För att uppskatta hur en förändring av medelhastigheten påverkar utfallet för såväl antalet personskadeolyckor som antalet skadade och dödade personer har vi använt oss av potensmodellen (Nilsson, 2004 och Elvik 2009) och exponentialmodellen (Elvik, 2014). Dessa modeller beskrivs i avsnitt 2.2.2 och 2.2.3.

Dessutom genomförs analyser baserade på såväl medelhastigheter som individuella fordons hastigheter, baserat på data från utvärderingar i Sverige, främst avseende ATK. Först jämförs olika användningar av potensmodellen där modellen appliceras på medelhastigheter, individuella hastigheter och P85. Sedan jämförs potensmodellen och exponentialmodellen, båda dessa appliceras då på medelhastigheter och individuella data. Avslutningsvis beräknas konfidensintervall för utfallet av antal dödade och antal personskadeolyckor. Detta görs för att illustrera osäkerheten i modellskattningarna.

Samma datakällor som används i hastighetsanalyserna används även för studierna av trafiksäkerhetseffekter och risker.

2.2.1 Regressionseffekter

Hastighetskameror, eller trafiksäkerhetskameror som de också kallas, sätts upp i Sverige och många andra länder med syfte att minska medelhastigheten och därmed antalet dödade och skadade personer.

När hastighetskameror sätts upp finns ofta olika kriterier baserade på olycksrisk och hastigheter. I Sverige används följande kriterier för att en vägsträcka ska utrustas med kameror (Vägverket, 2009):

- Sträckan ska vara olycksdrabbad (fler än 0,08 dödade och svårt skadade per km och år).
- Medelhastigheten längs sträckan ska vara minst 5 km/tim över gällande hastighetsgräns.

När sträckor för en åtgärd har valts ut på grund av ett stort antal dödade och svårt skadade kan en delförklaring till detta höga utfall vara slumpmässiga variationer. För att korrekt skatta en åtgärdseffekt måste då hänsyn tas till detta i analyserna genom att eliminera så kallade regressionseffekter. Med *regressionseffekt* menas fenomenet att ett, på grund av slumpen, stort antal olyckor under en föreperiod normalt efterföljs av ett minskat antal olyckor under en motsvarande efterperiod – även om inga åtgärder vidtagits. Det omvända gäller för ett slumpmässigt litet antal olyckor under en föreperiod. Detta innebär att effekterna som beräknats vid före-efter analyser kan vara överskattade eller omvänt.

Det finns flera vedertagna metoder för att korrigera för regressionseffekter och de flesta tar sin utgångspunkt i så kallade Empirical Bayes metoder som beskrivs i t.ex. Hauer (1997). Dessa ansatser går i princip ut på att man väger samman observerat utfall i föreperioden med förväntat värde under samma tidsperiod (beräknat utifrån en kontrollgrupp). I Sverige har man ofta använt en liknande teoretisk metod (Brüde och Larsson, 1988) som går ut på att väga samman observerade utfall och ”normala” eller predikterade utfall (som beräknas utifrån så kallade normalvärden för olika vägtyper). Storleken på regressionseffekter kan variera och i Larsson och Brüde (2010) skattades regressionseffekten till 15 procent då trafiksäkerhetseffekten för dödade och svårt skadade beräknades.

2.2.2 Potensmodellen

Potensmodellen (Nilsson, 2004) är, i sin ursprungliga form, en modell som beskriver sambandet mellan förändrad medelhastighet och antalet olyckor på en viss vägsträcka eller över ett visst område. Modellen är främst utvecklad för landsbygdsförhållanden och baseras på före-efter-studier av hastighetsförändringar. I potensmodellen beskrivs hur en relativ hastighetsförändring påverkar antalet olyckor: totala antalet (polisrapporterade) personskadeolyckor ändras som kvadraten på den relativa hastighetsförändringen. Låt y_{efter} = antal personskadeolyckor efter hastighetsändringen, $y_{före}$ = antal personskadeolyckor före hastighetsändringen, $v_{före}$ och v_{efter} = medelhastighet före respektive efter förändringen. Då ger potensmodellen att:

$$y_{efter} = y_{före} \left(\frac{v_{efter}}{v_{före}} \right)^2$$

För antalet allvarliga personskadeolyckor (DSS) gäller tredjepotensen och för antal dödsolyckor gäller fjärdepotensen.

Potensmodellen är väl inarbetad och används ofta såväl i Sverige som i internationella studier. Modellen har validerats av TØI och funnits stämma väl överens med data från flera olika länder (Elvik m.fl., 2004). I Elvik (2009) redovisas potenser uppdelat på landsbygdsvägar och tätortsgator.

På senare år har det publicerats studier som visar på att effekten av en relativ hastighetsförändring inte bara beror på den relativa hastighetsförändringen utan även på den faktiska hastighetsnivån (Cameron och Elvik, 2010). I Elvik (2009) beskrivs att man har funnit en tendens att trafiksäkerhetseffekten av en relativ hastighetsförändring är något lägre för hastigheter under 60 km/h jämfört med hastigheter över 60 km/h. För att ta hänsyn till detta redovisas separata modeller för tätort och landsbygd, där modellen för tätort generellt har något lägre potenser än modellen för landsbygd. I Tabell 1 redovisas de olika potenser som tagits fram i Elvik (2009). Vi kan konstatera att konfidensintervallen är långa vilket innebär att det är rätt så stora osäkerheter i potenserna.

Tabell 1: Potenser i potensmodellen för olika svårhetsgrad på olyckan/personskadan. Källa: Elvik (2009).

Svårhetsgrad	Landsbygdsvägar/motorvägar		Tätortsgator	
	Potens	95 % konfidens- intervall	Potens	95 % konfidens- intervall
Dödsolyckor	4,1	(2,9-5,3)	2,6	(0,3-4,9)
Dödade personer	4,6	(4,0-5,2)	3,0	(-0,5-6,5)
Svåra olyckor	2,6	(-2,7-7,9)	1,5	(0,9-2,1)
Svårt skadade	3,5	(0,5-5,5)	2,0	(0,8-3,2)
Lindriga olyckor	1,1	(0,0-2,2)	1,0	(0,6-1,4)
Lindrigt skadade	1,4	(0,5-2,3)	1,1	(0,9-1,3)
Alla personskadeolyckor	1,6	(0,9-2,3)	1,2	(0,7-1,7)
Alla skadade personer	2,2	(1,8-2,6)	1,4	(0,4-2,4)
Egendomsskadeolyckor	1,5	(1,0-2,9)	0,8	(0,1-1,5)

2.2.3 Exponentialmodellen

En ny modell, med andra matematiska egenskaper är potensmodellen, har tagits fram av Elvik (2013; 2014). Modellen beskriver sambandet mellan hastighetsförändring och olyckor med hjälp av en exponentialfunktion:

$$\frac{y_{\text{efter}}}{y_{\text{före}}} = e^{\beta(v_{\text{efter}} - v_{\text{före}})}$$

där $v_{\text{före}}$ och v_{efter} är trafikens medelhastighet före respektive efter en åtgärd, β är en koefficient som skattas och $y_{\text{före}}$, y_{efter} är antalet olyckor före respektive efter åtgärden.

Exponentialmodellen baseras alltså på differensen i medelhastighet mellan efter- och föreperioden, till skillnad från potensmodellen som baseras på den relativa skillnaden. För samma hastighetsdifferens ger exponentialmodellen samma relativa olycksförändring oavsett hastighetsnivå. Detta medför i sin tur att den *relativa* hastighetskillnaden ger upphov till högre relativ olycksförändring ju högre hastighetsnivån är. Detta illustreras i följande exempel:

Antag först att $v_{\text{före}} = 100$ km/tim och $v_{\text{efter}} = 90$ km/tim. Det ger en hastighetsdifferens på -10 km/tim och en relativ förändring på 0,9. Om β sätts till 0,069 (motsvarar dödsolyckor) ger det en relativ olycksminskning på 50 procent. Om man istället utgår från att $v_{\text{före}} = 70$ km/tim och applicerar samma relativa hastighetsminskning (0,9) så blir $v_{\text{efter}} = 63$ km/tim. Exponentialmodellen ger i det här fallet en relativ minskning av dödsolyckor på 38 procent. Om man istället använder potensmodellen fås en relativ minskning av dödsolyckorna med 35 procent i båda fallen.

Koefficienterna β som används i analyser i denna rapport kommer från Elvik (2014) och avser oviktade koefficienter och presenteras i Tabell 2.

Tabell 2 Koefficienten β i exponentialmodellen enligt Elvik (2014).

	β (konfidensintervall)
Dödade personer	0,060 (0,05–0,07)
Svårt skadade personer	0,063 (0,055–0,071)
Personskadeolyckor	0,034 (0,032–0,036)
Egendomsskadeolyckor	0,031 (0,027–0,035)

Exponentialmodellens matematiska egenskaper gör att man med hjälp av denna exempelvis kan beräkna effekter av att förare i ett visst hastighetsintervall ändrar sin hastighet (Olsen, 2013). Detta gör att exponentialmodellen kan vara att föredra i vissa sammanhang. Elvik (2013; 2014) konstaterar dock att såväl potensmodellen som exponentialmodellen beskriver sambandet mellan hastighetsförändringar och trafiksäkerhet på ett bra sätt, men att exponentialmodellen är något bättre än potensmodellen för att beskriva sambandet mellan hastighet och olycksrisk för personskadeolyckor, medan potensmodellen är aningen bättre för dödsolyckor.

2.2.4 Modeller applicerade på individuella fordon

I föreliggande studie jämförs potens- respektive exponentialmodellen när de används i dess ursprungliga former, dvs. applicerade på förändrad medelhastighet, med när de används för varje individuellt fordon. Syftet med detta har varit att se hur den totala risken av en ändrad åtgärd påverkas om man antar att modellerna gäller per individ. Resonemanget utgår från att man till varje individ, i , kopplar ett förväntat antal olyckor som beror av hastigheten. Förväntat antal olyckor betecknas som y_{fi} i föreperioden och y_{ei} i efterperioden. Genomsnittligt förväntat antal olyckor i föreperioden blir då

$1/n_f \sum_{i=1}^{n_f} y_{fi}$ och motsvarande i efterperioden $1/n_e \sum_{i=1}^{n_e} y_{ei}$, där n_f och n_e är antal fordon i före- respektive eftersituationen. Den relativa förändringen kan sedan skrivas om på följande sätt

$$\frac{\frac{1}{n_e} \sum_{i=1}^{n_e} y_{ei}}{\frac{1}{n_f} \sum_{i=1}^{n_f} y_{fi}} = \frac{\frac{1}{n_e} \sum_{i=1}^{n_e} y_{ei}}{y_{ref}} = \frac{\frac{1}{n_e} \sum_{i=1}^{n_e} \frac{y_{ei}}{y_{ref}}}{\frac{1}{n_f} \sum_{i=1}^{n_f} \frac{y_{fi}}{y_{ref}}}$$

där y_{ref} är förväntat antal olyckor om alla körde i samma hastighet, v_{ref} . Vilken hastighet man väljer spelar ingen roll bara det är samma i före- och efterperioden. I nästa steg antar man sedan att potens- eller exponentialmodellen kan appliceras för varje individ och erhåller då den relativa risken

$$\Delta risk = \frac{\frac{1}{n_e} \sum_{i=1}^{n_e} \left(\frac{v_{ei}}{v_{ref}} \right)^p}{\frac{1}{n_f} \sum_{i=1}^{n_f} \left(\frac{v_{fi}}{v_{ref}} \right)^p} \text{ (potensmodellen)}$$

respektive

$$\Delta risk = \frac{\frac{1}{n_e} \sum_{i=1}^{n_e} e^{\beta(v_{ei}-v_{ref})}}{\frac{1}{n_f} \sum_{i=1}^{n_f} e^{\beta(v_{fi}-v_{ref})}} \text{ (exponentialmodellen)}$$

där v_{ei} är hastigheten hos fordon i i eftersituationen och v_{fi} är motsvarande hastighet i föresituationen.

3 Resultat: Åtgärders effekt på hastighetsfördelningen

För att få en detaljerad bild av hur fordonens hastigheter ändras i samband med en åtgärd kan man använda sig av hastighetsfördelningen. Den visar andelen fordon som kör under en viss hastighet för samtliga förekommande hastigheter och ur den kan man till exempel utläsa andel fordon över eller under hastighetsgränsen och percentiler. För olika typer av åtgärder förändras hastighetsfördelningen på olika sätt. Detta avspeglas även i mått som percentiler och variationskoefficienten. I detta avsnitt redovisas först några exempel från Sverige där förändringar av olika hastighetsrelaterade mått redovisas från den nationella utvärderingen av ATK (Vägverket, 2009) och "Pay as you Speed, (Stigson, m.fl., 2012; 2013). Därefter studeras hastighetsfördelningar och dess förändring i samband med att ATK införs vid olika hastighetsbegränsningar och avslutningsvis görs en internationell utblick på utvärderingsstudier av ATK.

3.1 Några svenska exempel

3.1.1 Utvärderingar av ATK och "Pay as you drive"

I Vägverket (2009) och Larsson och Brüde (2010) redovisas resultat från den svenska utvärderingen av ATK. Syftet med studierna är att redovisa effekter på hastigheter och trafiksäkerhet av de 700 hastighetskameror som infördes i Sverige år 2006. I Tabell 3 redovisas effekter på medelhastighet, P85 och andel överträdelse (källa: Vägverket, 2009). Resultaten visar att P85 minskade mer än medelhastigheten och de som överskred hastigheterna med 6 km/tim eller mer minskade mer än de som överskred hastighetsgränsen vilket pekar på att hastighetsfördelningens form har ändrats på så sätt att den har fått ett mer upprätt utseende. Detta innebär att det är de som kör fortast som påverkas mest. I Vägverket (2009) påpekas även att hastighetseffekten är beroende av hur hög medelhastigheten var innan etableringen av kamerorna och att det var tydligt att ju högre medelhastigheten var innan desto större blev effekten.

Tabell 3 Hastighetsförändringar enligt svensk utvärdering av ATK, Vägverket (2009).

Mått	Förändring (%)
Medelhastighet	-4,3
P85	-5,9*
Andel över hastighetsgräns	-34,5
Andel över hastighetsgräns + 6 km/tim	-45,6

*Beräknat utifrån information i Vägverket (2009)

I Stigson m.fl. (2013) studeras om man kan uppnå en säkrare trafik med hjälp av ISA kopplad till en bonusgrundad försäkring ("pay as you speed"). Deltagarna i försöket fick återkoppling i realtid från ett informerande ISA-system där återkopplingen, förutom gällande hastighetsgräns, var information om bilens hastighet i form av tre färger: grönt (håller hastighetsgränsen), gult (kör mindre än 5 km/tim för fort) och rött (kör mer än 5 km/tim för fort). I studien ingick även en kontrollgrupp som enbart informerades om gällande hastighetsgräns. Resultaten visar att systemet har störst effekt på de grövre hastighetsöverträdelserna. Skillnaden mellan försöks- och kontrollgrupp redovisas i Tabell 4 och visar att vid överträdelser med mindre än 5 km/tim är skillnaden drygt 20 procent men för överträdelser med mer än 20 km/tim är skillnaden 60 procent. I Stigson m.fl. (2013) redovisas även förändringen av hastighetsfördelningen och man konstaterar att det är vid körning på vägar med hastighetsbegränsning 90 km/tim som man ser den

tydligaste skillnaden i hastighetsfördelning mellan försöks- och kontrollgrupp, nämligen att försöksgruppen har en betydligt mer upprätt fördelning. För lägre hastighetsgränser är skillnaden i hastighetsfördelningens form inte lika tydlig.

Tabell 4 Skillnader mellan försöks- och kontrollgrupp gällande hastighet enligt svensk utvärdering av "Pay as you Speed", Stigson, m.fl. (2013)

Mått	Skillnad försöksgrupp - kontrollgrupp (%)
Andel körsträcka 0 - 5 km/tim över hastighetsgräns	-22,6
Andel körsträcka 5 - 10 km/tim över hastighetsgräns	-54,5
Andel körsträcka 10 - 20 km/tim över hastighetsgräns	-54,5
Andel körsträcka mer än 20 km/tim över hastighetsgräns	-60,0

3.1.2 Förändringar av hastighetsfördelningen

I Vadeby och Forsman (2012) studerades hastighetsfördelningar före och efter införandet av åtgärderna "förändring av hastighetsgräns från 110 till 100 km/tim", "införande av ATK på väg med hastighetsbegränsning 90 km/tim (mätplatser vid kamera)", "ny hastighetsgräns på väg med ATK" och "ISA". I följande avsnitt jämförs hastighetsfördelningen för åtgärderna:

- införande av ATK på väg med hastighetsbegränsning 90 km/tim (uppdelat på mätplatser vid kamera och mätplatser mellan kameror)
- införande av ATK på väg med hastighetsbegränsning 60 km/tim (uppdelat på mätplatser vid kamera och mätplatser mellan kameror)".

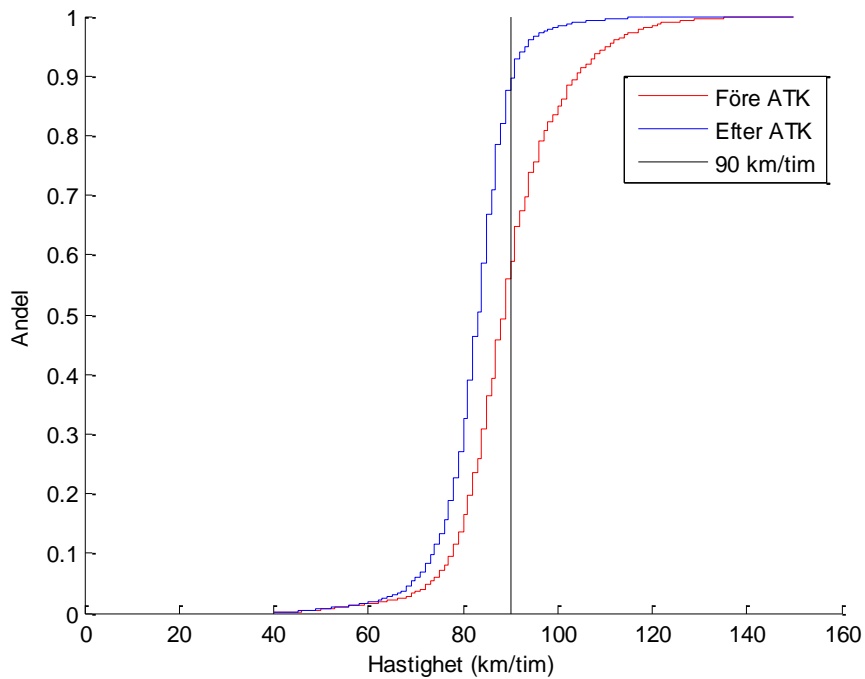
För ATK på 90 km/tim baseras resultaten på data från 6 olika platser vid kamera och 4 platser mellan kameror. För ATK på 60 km/tim är det en mätplats vid kameran och en mätplats mellan kameror. Hastigheter för samtliga fordon är redovisade i figurerna.

I Figur 1 och Figur 2 redovisas hastighetsfördelningen för införande av ATK 90-väg (vid respektive mellan kameror). Om man jämför förändringen av hastighetsfördelningen vid och mellan ATK kan man konstatera att hastighetsfördelningen förändras betydligt mer vid ATK än mellan ATK. Framförallt vid ATK sker det en betydligt större förflyttning av fördelningen för de höga hastigheterna, men det finns liknande, om än inte så tydliga, tendenser även mellan kamerorna.

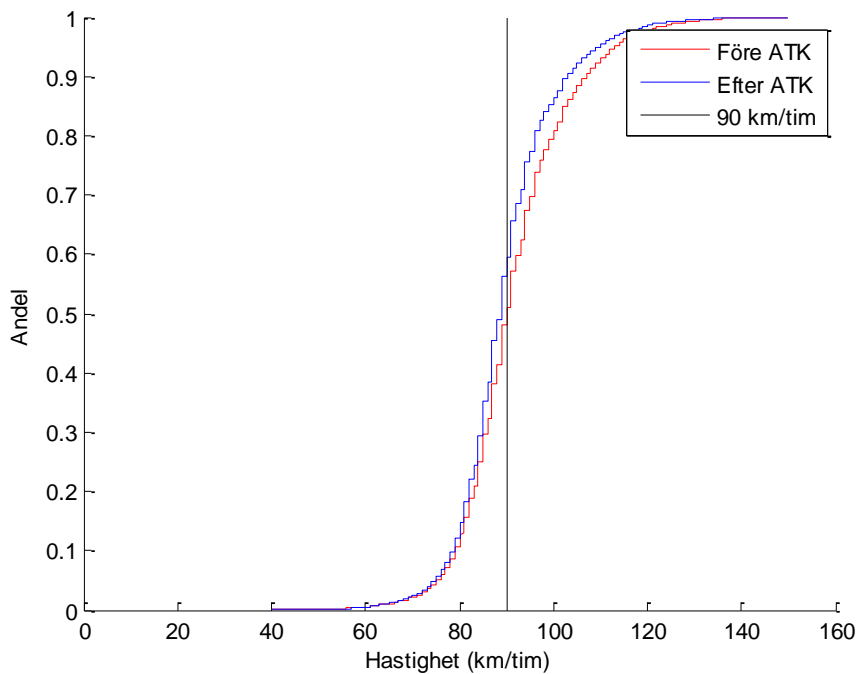
I Figur 3 - Figur 4 redovisas motsvarande figurer men med hastighetsbegränsning 60 km/tim. Tendensen är liknande, med större förändring och mer upprätt hastighetsfördelning efter införande av ATK vid kamerorna än mellan. Som jämförelse finns även hastighetsfördelningen före och efter åtgärderna

- förändring av hastighetsgräns från 90 till 80 km/tim
- införande av ATK på väg med hastighetsbegränsning 80 km/tim (mätplatser vid kamera)"

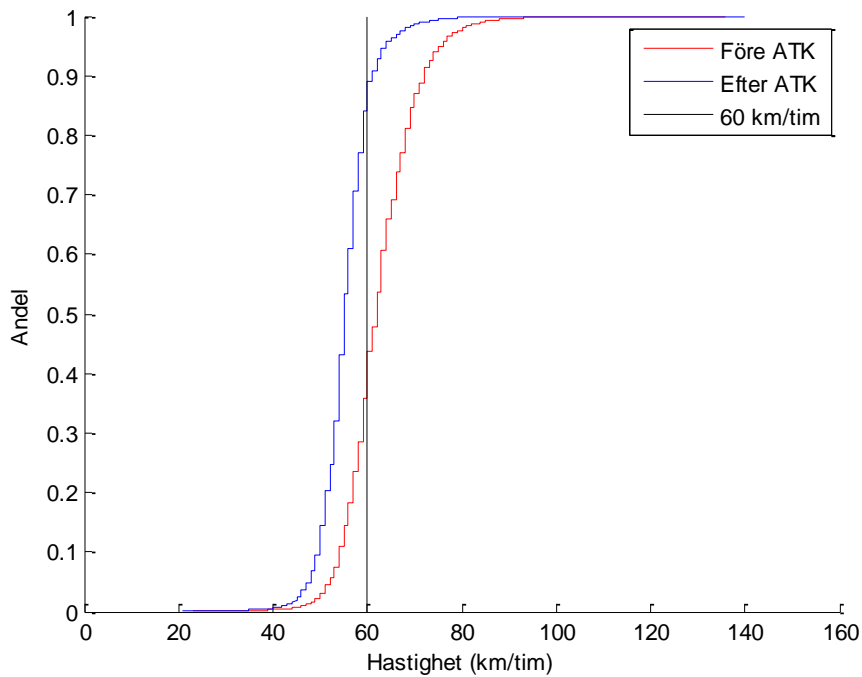
redovisade i bilaga 1.



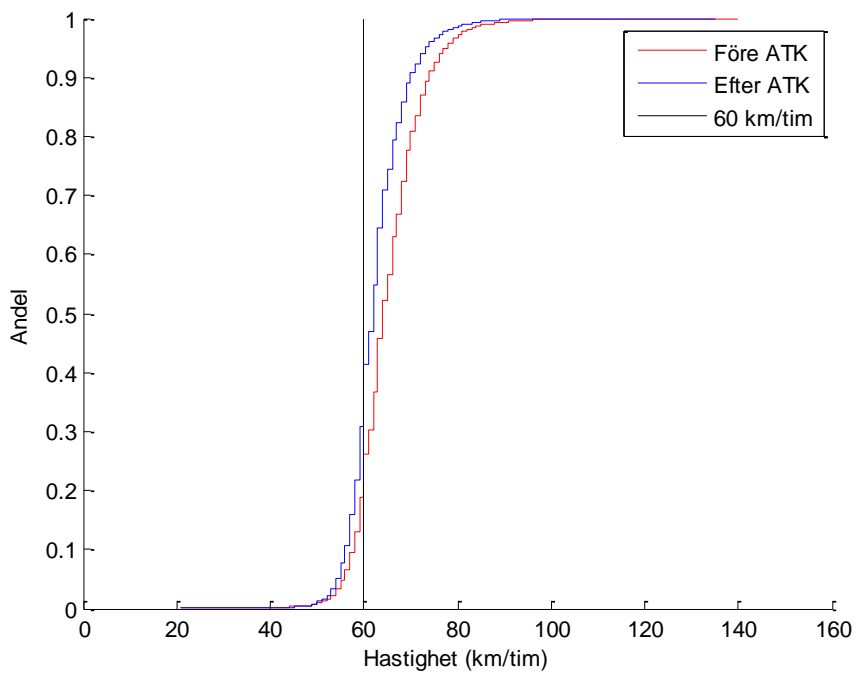
Figur 1 Införande av ATK på väg med hastighetsbegränsning 90 km/tim. Hastighetsfördelning för alla fordon före och efter ATK. Hastighet mätt vid kamera, i riktning mot kamera. Källa Vadeby och Forsman (2012).



Figur 2 Införande av ATK på väg med hastighetsbegränsning 90 km/tim. Hastighetsfördelning för alla fordon före och efter ATK. Hastighet mätt mellan kameror.



Figur 3 Införande av ATK på väg med hastighetsbegränsning 60 km/tim. Hastighetsfördelning för alla fordon före och efter ATK. Hastighet mätt vid kamera, i riktning mot kamera.



Figur 4 Införande av ATK på väg med hastighetsbegränsning 60 km/tim. Hastighetsfördelning för alla fordon före och efter ATK. Hastighet mätt mellan kameror.

Ett alternativt sätt att visa hur formen av hastighetsfördelningen ändrar sig efter införande av ATK är att studera olika läges- och spridningsmått. I Tabell 5 och Tabell 6 redovisas olika mått före och efter införande av ATK på väg med hastighetsbegränsning 90 km/tim respektive 60 km/tim (uppdelat på mätplatser vid kamera och mätplatser mellan kameror). I bilaga 2 redovisas något utförligare tabeller för dessa åtgärder samt dessutom för åtgärderna "förändring av hastighetsgräns från 90 till 80 km/tim" och "införande av ATK på väg med hastighetsbegränsning 80 km/tim (mätplatser vid kamera)".

Resultaten i Tabell 5 visar att vid införandet av ATK på 90-väg minskar medelhastigheten vid kamerorna med ca 8 procent och P85 med 11 procent. Studerar vi andelen överträdelse ser vi att vid kamerorna har andelen överträdelse minskat med 75 procent och andelen som överstiger hastighetsgränsen med 6 km/tim eller mer har minskat med 86 procent. Resultaten mellan kamerorna visar att medelhastigheten har minskat med 2 procent, P85 med 3 procent, andelen över hastighetsgräns med 17 procent och andelen som överstiger hastighetsgränsen med 6 km/tim eller mer har minskat med 25 procent. Båda dessa jämförelser visar på en mer upprätt hastighetsfördelning efter ATK.

Tabell 5 Förändring av olika mått då ATK införts på väg med hastighetsbegränsning 90 km/tim (mätning vid och mellan kamera).

	Mätningar vid ATK			Mätningar mellan ATK		
	Före ATK (90 km/tim)	Efter ATK (90 km/tim)	Relativ förändring (%)	Före ATK (90 km/tim)	Efter ATK (90 km/tim)	Relativ förändring (%)
Medelhastighet	89,53	82,61	-8%	91,63	89,67	-2%
Standardavvikelse	11,95	8,28	-31%	11,81	10,77	-9%
Variationskoefficient	0,13	0,10	-25%	0,13	0,12	-7%
Andel över hastighetsgräns	0,41	0,10	-75%	0,49	0,40	-17%
Andel över hastighetsgräns +6 km/h	0,24	0,03	-86%	0,30	0,23	-25%
Andel över hastighetsgräns +30 km/h*	0,02	0,00	-91%	0,02	0,02	-37%
P15	80,49	76,67	-5%	81,77	81,04	-1%
P50	89,12	83,92	-6%	90,65	89,14	-2%
P85	101,07	89,55	-11%	103,00	99,78	-3%

*Notera att det är få som kör över hastighetsgräns +30 km/tim så den förändring som skett bör tolkas försiktigt

I Tabell 6 visas att vid ATK på 60-väg minskar medelhastigheten med ca 11 procent och P85 med 14 procent efter införandet. Andelen överträdelse har minskat med 80 procent och andelen som överstiger hastighetsgränsen med 6 km/tim eller mer har minskat med 88 procent. Mellan kamerorna har medelhastigheten minskat med 4 procent, P85 med 5 procent, andelen över hastighetsgräns med 21 procent och andelen som överstiger hastighetsgränsen med 6 km/tim eller mer med 41 procent. På samma sätt som för fallet med 90 km/tim visar båda dessa jämförelser på en mer upprätt hastighetsfördelning efter ATK. Det finns även en tendens till att P50 minskar något mindre än medelhastigheten vilket också tyder på att förändringen av hastighetsfördelningen inte är symmetrisk.

Tabell 6 Förändring av olika mått då ATK införts på väg med hastighetsbegränsning 60 km/tim (mätning vid och mellan kamera).

	Mätningar vid ATK			Mätningar mellan ATK		
	Före ATK (60 km/tim)	Efter ATK (60 km/tim)	Relativ förändring (%)	Före ATK (60 km/tim)	Efter ATK (60 km/tim)	Relativ förändring (%)
Medelhastighet	62,57	55,42	-11%	65,19	62,58	-4%
Standardavvikelse	7,60	5,46	-28%	7,18	6,22	-13%
Variationskoefficient	0,12	0,10	-19%	0,11	0,10	-10%
Andel över hastighetsgräns	0,56	0,11	-80%	0,74	0,59	-21%
Andel över hastighetsgräns +6 km/h	0,31	0,04	-88%	0,43	0,25	-41%
Andel över hastighetsgräns +30 km/h*	0,00	0,00	-85%	0,01	0,00	-58%
P15	56,13	51,10	-9%	59,34	57,81	-3%
P50	62,39	55,67	-11%	64,65	62,40	-3%
P85	70,16	60,18	-14%	72,41	68,73	-5%

*Notera att är få som kör över hastighetsgräns +30 km/tim så den förändring som skett bör tolkas försiktigt

3.2 Internationell utblick

En översiktlig litteraturgenomgång av internationella studier har genomförts för att undersöka om effekterna på hastighetsfördelningen generellt följer mönstret med en större förflyttning av hastighetsfördelningen för dem som överskrider hastigheten mest vid införande av hastighetskameror. Fokus har varit på studier som redovisar såväl förändring av hastigheter som verkliga olyckor.

I Soole m.fl. (2013) görs en litteraturstudie där hastighetseffekter av sträck-ATK studeras. Studien visar att generellt sett är sträck-ATK särskilt effektivt för att reducera hastigheten hos dem som kör för fort och visar på reduktioner av såväl medelhastighet, P85 och hastighetsvariationen mellan fordon. I många av studierna som refereras i Soole är minskningen av P85 större än medelhastigheten vilket stämmer väl med de svenska erfarenheterna och tyder på en förändring av formen på hastighetsfördelningen.

I Gains m.fl. (2005) redovisas hastighetseffekter av hastighetskameror i England. Resultaten från studien visar att sett över alla nya mätplatser minskade medelhastigheten med 6 procent (2,3 mph) och P85 med 7 procent (3,1 mph). Vid dessa platser minskade antalet överträdelser med 30 procent och andel grova överträdelser (mer än 15 mph över hastighetsgränsen) med 43 procent. I Hook m.fl. (1995) presenteras en mindre utvärdering av hastighetskameror i Oxfordshire i södra England. Kamerorna sattes upp under 1993 och 1994 och utvärderingen begränsas till 8 kameror där efterperioden är minst 12 månader. Hastigheter har mätts före och efter kamerorna installerades men det är oklart vid vilken tidpunkt mätningarna gjorts. Resultaten visar att P85 har minskat med mellan 6 och 12 procent beroende på hastighetsgränsen på

vägen. Andel över hastighetsgräns har minskat från 14,5 procent till 6,8 procent på vägar med hastighetsgräns 60 mph. På vägar med hastighetsgräns 30 mph är andelen överträdelse 48 procent efter införandet av kameror men det är ändå en minskning från 70 procent under perioden före.

I en studie från Österrike (Stefan, 2006) studeras effekter av sträck-ATK som infördes i Kaisermühlentunneln 2002. Tunneln är 2,3 kilometer lång och vägen genom tunneln klassificeras som motorväg med tre till fyra körfält per riktning. Hastighetsgränsen är 80 km/tim för bilar, bussar och motorcyklar och 60 km/tim för tunga fordon.

Utvärderingen visar att medelhastigheten minskade från 85 km/tim till 75 km/tim, en minskning med 11,8 procent, men inga förändringar av P85 redovisas.

I Shin m.fl. (2009) studeras effekter av ATK i Arizona. Studien redovisar resultat från en pilotstudie där 6 kamerastationer sattes upp på en 6,5 mile lång motorvägssträcka (SR 101) under perioden januari – oktober 2006. Studien redovisar att medelhastigheten har minskat med 11,9 procent, medan P75 har minskat med 14,7 procent och den högsta medelhastigheten beräknat på 15-minuters perioder (maximum) har minskat med 16,7 procent. På liknande sätt, som t.ex. de svenska resultaten, illustrerar detta att det sker en förändring av formen på hastighetsfördelningen eftersom hastigheterna i det övre spannet av hastighetsfördelningen minskar mer än medelhastigheten (och även betydligt mer än P25).

I Italien har man sedan 2006 infört automatisk hastighetsövervakning på mer än 2600 km av landets motorvägar. Systemet kallas Tutor och mäter medelhastighet över en sträcka, så kallad sträck-ATK. I Cascetta m.fl. (2010) har man analyserat effekter av dessa kameror på en 56 km lång motorvägssträcka utanför Neapel. På den aktuella sträckan har hastigheten samtidigt sänkts till 80 km/tim på vissa delsträckor så att hastigheten nu genomgående är 80 km/tim. Cascetta m.fl. redovisar att medelhastigheten sänktes med 9 km/tim (-11%) och andelen överträdelse med 34 procentenheter. Man såg dessutom att standardavvikelsen minskade med 33 procent vilket pekar på att hastighetspridningen mellan fordonen på vägen har minskat.

I Lamm och Kloeckner (1984) beskrivs en utvärdering av en vägsträcka på Autobahn vid Elzer Mountain där radarövervakning infördes i början av 1970-talet. Studien avser en 6 km lång sträcka med kraftig längslutning där hastigheten var hög. I april 1972 infördes hastighetsgränser på sträckan och skyltar infördes som varnade för den kraftiga lutningen. Samtidigt infördes också omkörningsförbud för lastbilar. Vägen hade tre körfält och vänster och mittersta körfältet fick hastighetsbegränsning 100 km/tim och höger körfält, som i huvudsak är till för tung trafik fick hastighetsgräns 40 km/tim. I maj 1973 infördes radarövervakning. Hastighetsmätningar gjordes både före och efter åtgärderna (år 1971 före hastighetsbegränsning, 1972, 1974, 1981 och 1983) och resultaten presenteras som fördelningsfunktioner. Utifrån hastighetsfördelningarna har P85 och P50 (medianen) skattats. Författarna konstaterar att mellan 1971 och 1974 minskade P50 mellan 20 och 42 procent beroende på körfält, samtidigt minskade P85 mellan 24 och 49 procent. Man kan konstatera att P85 har minskat mer än P50 i alla körfält vilket innebär att fördelningen i efterperioden har en mer upprätt form.

Mellan 1997 och 2001 installerades 1375 fasta hastighetskameror runt om i Sydkorea. Cirka 1 kilometer före varje kamera finns det en varningsskylt eftersom syftet med kamerorna är att minska hastighetsöverträdelserna snarare än att öka risken att åka fast. Införandet av kameror har utvärderats av Kang (2002) och Ha m.fl. (2003). I Kang (2002) presenteras en före-efter studie av hastighetsförändringar vid en specifik kamera vilken visar att medelhastigheten minskat från 96,5 km/tim till 91,6 km/h (minskning

med 5 procent). Resultat från en kamera på ett annat ställe presenteras i Ha m.fl. (2003) och där minskade hastigheten från 85,4 km/tim till 77,2 km/tim. Det motsvarar en minskning med 14 procent och under samma period minskade P85 med 20 procent och standardavvikelsen med 20 procent.

I Tabell 7 redovisas förändring av olika hastighetsrelaterade mått för studierna som beskrivits ovan. Enbart studier där minst två mått som tillsammans ger en beskrivning av hur formen på hastighetsfördelningen förändras har tagits med. Sammanfattningsvis kan vi konstatera att vid införandet av hastighetskameror verkar det ske en betydligt större förflyttning av hastighetsfördelningen för de höga hastigheterna vilket illustreras av att P85 minskar mer än medelhastigheten och andelen grövre överträdelser minskar mer än andelen överträdelser.

Tabell 7 Förändring av olika hastighetsrelaterade mått då hastighetskameror införs.

Mått	Förändring (%)				
	Sverige Vägverket 2009	Arizona Shin et. al. 2009	England Gains m.fl. 2005	Italien Cascetta m.fl. 2010	Sydkorea Ha m.fl. 2003
	Punkt-ATK	Sträck-ATK	Punkt-ATK	Sträck-ATK	Punkt-ATK
Medelhastighet	-4,3	-11,9	-6	-11,3	-14
Standardavvikelse	-	-65,7	-	-33,1	-20
Variationskoefficient	-	-61,3	-	-24,7	
P85	-5,9	-14,5*	-7	-	-20
P15	-	-9,0*	-	-	-
Andel över hastighetsgräns	-34,5	-	-30	-66,2	-
Andel över hastighetsgräns + x km/tim	-45,6 (+ 6 km/tim)	-	-43 (+ 15 mph)	-90,9** (+ 40 km/tim)	-

*P75 respektive P25

**Notera att det är få som kör över hastighetsgräns +40 km/tim så den förändring som skett bör tolkas försiktigt

4 Resultat: Trafiksäkerhetsanalyser

Hastighetskameror eller trafiksäkerhetskameror som de också kallas sätts upp i Sverige och många andra länder med syfte att minska medelhastigheten och därmed antalet dödade och skadade personer. I Sverige infördes 2006 ett nytt kamerasystem då 700 nya kameror installerades på det svenska vägnätet och sedan dess har ytterligare ca 400 kameror installerats.

I den nationella utvärderingen av hastighetskameror (ATK) på svenska vägar visas som tidigare nämnts att medelhastigheten minskar med 4,3 procent (Vägverket, 2009). Vad gäller dödade och svårt skadade personer visar resultaten i Larsson och Brüde (2010) att ATK minskar antalet dödade med ca 30 procent (ej signifikant) och antalet dödade och svårt skadade med ca 25 procent. I studien har hänsyn tagits till regressionseffekter, generell trend och förändrat trafikarbete.

4.1 Internationell utblick

Nedan redovisas resultat från den översiktliga litteraturgenomgång av internationella studier som genomförts för att undersöka hur trafiksäkerheten i form av olyckor eller dödade och skadade personer påverkas av hastighetskameror. Notera att fokus har varit på studier som redovisar såväl förändring av hastigheter som verkliga olyckor även om enstaka studier som inte uppfyllde detta också tagits med.

I Elvik m.fl. (2009) görs en metaanalys för att analysera trafiksäkerhetseffekter av hastighetskameror. Analysen visar att totalt sett minskade antalet personskadeolyckor med 16 procent och dödsolyckorna med 39 procent. Tendensen är att effekten av sträck-ATK är något större än effekten av punkt-ATK för personskadeolyckor (-30 procent, dock inte signifikant). Endast studier men någon form av kontrollgrupp är inkluderade i metaanalysen.

I Shin m.fl. (2009) studeras effekter av ATK i Arizona. Studien redovisar resultat från en pilotstudie där 6 kamerastationer sattes upp på en 6,5 miles lång motorvägssträcka (SR 101) under perioden januari – oktober 2006. Vad gäller trafiksäkerhet så redovisar Shin m.fl. tre olika sätt att skatta förändringar av olyckor, alla tre metoderna bygger på Empirical Bayes (Hauer, 1997). Resultaten avseende den Empirical Bayes-analys som korrigerar för generell trafiksäkerhetstrend, trafikflöden och regressionseffekter visar att antalet personskadeolyckor minskade med 48 procent och antalet egendomsskadeolyckor minskade med 54 procent. Samtliga tre modeller som används i studien ger liknande storleksordning på effekter.

Resultat från England (Gains m.fl., 2005) pekar på stora reduktioner av antalet dödade och svårt skadade personer, -42 procent, dock utan korrigering av regressionseffekter. För ett urval av sträckor görs en studie av eventuella regressionseffekter och slutsatsen från den analysen är att en del av reduktionen på dödade och svårt skadade beror på regressionseffekter men det specificeras inte exakt hur stor. Det påpekas dock av författarna att den återstående effekten ändå är relativt stor. Även Allsop (2013) har studerat trafiksäkerhetseffekter av hastighetskameror i England. Studien är främst en metodstudie där Allsop ger rekommendationer om olika sätt att analysera olycksdata på. Studien innehåller ingen landsomfattande utvärdering men visar exempel på effekter i olika områden i England. Resultaten för ett urval av områden visar att antalet personskadeolyckor minskar med 14 procent och antalet olyckor med dödade och svårt skadade (DSS) minskar med 22 procent då hänsyn tagits till regressionseffekter.

I en nyligen publicerad studie av de Pauw m.fl. (2014) studeras effekter av punkt-ATK i Flandern, Belgien. Där har man installerat mer än 250 hastighetskameror sedan 2002. Studien är en före-efter studie där man analyserar förändringen av personskadeolyckor och olyckor med svår personskada. Man använder sig av en Empirical Bayes-ansats, men kan inte ta hänsyn till regressionseffekter på grund av datatekniska anledningar. Olyckor inom ett avstånd om 500 meter från kameran analyseras och resultaten indikerar att antalet personskadeolyckor har minskat med 8 procent (ej signifikant) och att antalet olyckor med svår personskada har minskat med 29 procent (signifikant). Studien analyserar även hur olyckorna förändrats på längre avstånd från kamerorna och finner tendenser, dock inte signifikanta, på att personskadeolyckorna har ökat på avstånd mellan 500 och 1000 meter från kamerorna. Författarna diskuterar om detta kan ha att göra med en så kallad kängurueffekt vilket innebär att förarna kompenserar att man sänkt hastigheten vid kamerorna genom att höja hastigheten efter kameran. I Vägverket (2009) konstateras medelhastigheten minskar såväl vid som mellan kameror på en kamerasträcka men att minskningen är mindre i mätplatser mellan kameror än vid mätplatser i omedelbar närhet av kameran och att det därmed inte finns tendenser till så kallad kängurueffekt.

År 2006 introducerades ett kamerasystem i Italien som mäter medelhastigheten över en vägsträcka och 2011 övervakades cirka 2 600 km av motorvägsnätet med hjälp av sådana system. I Montella m.fl. (2012) utvärderas en specifik vägsträcka på cirka 40 km mellan Milano och Neapel där kameraövervakning startade 2007. Hastighetsgränsen på vägen är 130 km/tim. Föreperioden bestod av 6,5 år och efterperioden av 2,5 år och Empirical Bayes har använts för att skatta olycksreduktionen. Resultaten visade att totala antalet olyckor minskade med 31 procent, antal svåra olyckor (olycka med dödade eller svårt skadade) med 56 procent och antal lindriga olyckor med 27 procent. Vidare kunde man visa att olycksreduktionen var större i kurvor (43 procent) än på raksträckor (28 procent). Effekten minskade dock över tid, från 29 procent ett halvår efter införandet av kameror till 19 procent efter 2,5 år (gäller när man studerar alla olyckor).

I Frankrike startade år 2003 en massiv satsning för att minska hastigheterna och därmed olyckorna på de franska vägarna. I november 2003 infördes de första kamerorna i liten skala för att sedan öka med ca 500 nya kameror årligen de kommande åren. År 2010 fanns det närmare 3000 hastighetskameror, varav knappt 2000 fasta och ca 1000 mobila, i Frankrike. De fasta kamerorna har oftast installerats vid olycksdrabbade platser eller vid platser med många hastighetsöverträdelser och markeras alltid med en varningsskylt. För de mobila kamerorna används dock inte någon varningsskylt. Carnis och Blais (2013) har utvärderat trafiksäkerhetseffekterna av dessa hastighetskameror. Man har utvärderat förändringen av dödade och skadade personer per 100 000 fordon på hela det franska vägnätet med hjälp av en tidsseriemodell. Modellen är anpassad till data mellan 1999 och 2010 och resultaten visar att antal dödade per fordon minskade med 21 procent och antal skadade med 26 procent. Resultaten för antal dödade höll i sig över tid men antal skadade per fordon återgick efterhand till ungefär samma värde som innan kamerorna infördes.

I en studie från Österrike (Stefan, 2006) studeras effekter av sträck-ATK som infördes i Kaisermühlentunneln 2002. Tunneln är 2,3 kilometer lång och vägen genom tunneln klassificeras som motorväg med tre till fyra körfält per riktning. Hastighetsgränsen är 80 km/tim för bilar, bussar och motorcyklar och 60 km/tim för tunga fordon. Resultaten visar att antalet personskadeolyckor minskade med 33 procent och antalet dödade och svårt skadade med nästan 50 procent. Studien tar inte hänsyn till regressionseffekter på

ett traditionellt sätt men korrigerar mot ett ”normalt utfall” med anledning av att olycksmaterialet är litet.

Mellan 1997 och 2001 installerades 1375 fasta hastighetskameror i Sydkorea med syfte att minska hastighetsöverträdelserna. Tre separata olycksstudier presenteras i Kang (2002), där varje studie baseras på kameror som installerades olika år. Olycksstudierna baseras på 32 (1997), 100 (1998) respektive 43 kameror (2001). Vid varje station studerades en sträcka av 2 kilometer. Resultaten visar att antal dödade har minskat med mellan 38 och 86 procent medan minskningen är mindre när alla olyckor studeras, mellan 24 och 27 procent. Ingen korrigering har gjorts med avseende på till exempel regressionseffekter.

I Tay (2000) presenteras en olycksutvärdering av 24 kameraövervakade områden i Christchurch, Nya Zeeland. Kamerorna installerades under åren 1993–1995. Analysen består av en före-efter studie med kontrollgrupp där både före- och efterperioden var 3 år. Resultaten visar att totalt antal olyckor minskade med 9 procent och antal svåra olyckor (dödsolyckor och olyckor med svårt skadade) med 32 procent. Tay (2000) diskuterar att det kan finnas regressionseffekter men att det, med de data som fanns tillgängliga, inte var möjligt att korrigera för detta. Det är lite oklart vilka typer av vägar som ingår i studien men det verkar vara i stadsmiljö.

I Hook m.fl. (1995) presenteras en mindre utvärdering av hastighetskameror i Oxfordshire i södra England. Utvärderingen baseras på 8 kameror och föreperioden är 5 år och efterperioden är olika för olika kamerastationer men den är minst 1 år. Olyckor inom ett område 1 km före och 1 km efter kameran har observerats. Resultat från olycksutvärderingen visar att antalet personskadeolyckor minskade med 36 procent och totala antalet skadade med 31 procent. Utvärderingen är endast en direkt jämförelse av antal olyckor och skadade där ingen hänsyn har tagits till generell olycksutveckling under den studerade perioden eller eventuella regressionseffekter.

4.2 Jämförelser mellan faktiskt olycksutfall och potensmodellen

Syftet med den här delen av studien var att jämföra empiriska trafiksäkerhetseffekter vid införandet av hastighetskameror med beräknade effekter enligt potensmodellen (Elvik, 2009) och exponentialmodellen (Elvik, 2013; 2014). Det visade sig dock att det endast fanns två studier som kunde inkluderas i denna analys, nämligen den svenska utvärderingen (Vägverket, 2009; Larsson och Brüde, 2010) och en utvärdering från Arizona (Shin m.fl., 2009). De krav som ställdes var att studierna redovisade såväl förändring av hastighet som verkliga olyckor och att man skulle ha beaktat regressionseffekter. Det senare är viktigt eftersom kameror ofta sätts upp där andelen hastighetsöverträdelser är många och där det sker mycket olyckor.

Resultaten avseende jämförelsen mellan empiriska effekter och beräknade effekter för de två utvalda studierna finns redovisade i Tabell 8. De hastighetsförändringar som används som grund för de beräknade effekterna finns redovisade i Tabell 7 och de potenser (exponenter) som används i potens- och exponentialmodellerna finns redovisade i Tabell 1 och Tabell 2.

Om man jämför de beräknade värdena kan vi konstatera att såväl potensmodellens som exponentialmodellens uppskattning utifrån uppmätta medelhastighetsförändringar är mindre än de empiriska för båda fallen. Skillnaderna mellan beräknade värden och empiriskt utfall är betydligt mindre för den svenska studien än för studien från Arizona.

Eftersom endast två studier kunde inkluderas i denna analys är det inte möjligt att dra några generella slutsatser om empiriska trafiksäkerhetseffekter och beräknade effekter.

Tabell 8 Jämförelse mellan empiriska trafiksäkerhetseffekter och beräknade trafiksäkerhetseffekter enligt potensmodellen och exponentialmodellen.

Studie	Mått	Effekt trafiksäkerhet (olycksdata)	Effekt potensmodellen	Effekt exponentialmodellen
Sverige Larsson och Brüde, 2010	Dödade personer	-30,9 %	-18,3 %	-19,3 %
	Svårt skadade personer*	-24,6 %	-14,3 %	-20,2 %
Arizona Shin m.fl., 2009	Personskadeolyckor	-48 %	-18,4 %	-25,7 %
	Egendomsskadeolyckor	-54 %	-17,3 %	-23,8 %

*Beräknat utifrån information i Larsson och Brüde (2010).

4.3 Riskberäkningar

För att uppskatta vilka trafiksäkerhetseffekter som kan uppnås för de åtgärder som studeras i föreliggande rapport görs i nedanstående avsnitt en rad jämförelser mellan olika användning av potensmodellen och exponentialmodellen på såväl aggregerad som individuell nivå. De studerade åtgärderna är:

- ATK på 90 km/tim (vid och mellan kameror)
- ATK på 60 km/tim (vid och mellan kameror)
- förändring av hastighetsgräns från 90 – 80 km/tim
- ATK på 80 km/tim (vid kamera).

4.3.1 Aggregerad och individuell tillämpning av potensmodellen

Nedan redovisas förväntat skadeutfall beräknat med hjälp av potensmodellen. På samma sätt som i tidigare studier (Vadeby och Forsman, 2012; Vadeby 2012) används potensmodellen på såväl aggregerad som individuell nivå. I många fall kanske man inte har tillgång till data på individnivå när man ska beräkna effekter. Därför vill vi också testa om man kan få liknande resultat om man istället applicerar potensmodellen på P85, vilket är ett mått som vanligtvis beräknas.

I Tabell 9 - Tabell 11 redovisas uppskattade effekter mellan tre olika användningar av potensmodellen (potenser för landsbygdsförhållanden enligt Tabell 1):

- Ursprunglig aggregerad form applicerad på förändring av medelhastighet
- Aggregerad form applicerad på förändring av P85
- Potensmodellen applicerad på individuella fordons hastigheter.

Resultaten visar att för lindrigt skadade (Tabell 9) är det små skillnader mellan individuell och aggregerad användning potensmodellen för samtliga åtgärder medan skillnaderna är större för svårt skadade (Tabell 10) och ännu större för dödade (Tabell 11) då ATK införs. Här är skillnaderna betydligt större vid kamerorna än mellan

kamerorna, vilket beror på att det är större förändring av formen på hastighetsfördelningen i dessa fall. För åtgärden ny hastighetsgräns minskar istället den beräknade effekten när man räknar på individuella fordon men de skillnaderna är genomgående mindre än för ATK. Även detta förklaras av förändringen på hastighetsfördelningen där man i fallet med ny hastighetsgräns ser en mer parallell förflyttning av kurvan med något större förändringar i mitten av hastighetsspannet.

När det gäller användning av P85 ser man att det är ganska stor skillnad mellan att applicera potensmodellen på P85 och att använda potensmodellen på enskilda fordon. Potensmodellen baserat på P85 avviker genomgående mer än potensmodellen individuellt jämfört med den ursprungliga användningen av modellen, baserat på medelvärdet. Det medför att P85 inte verkar vara någon bra ersättning för potensmodellen individuellt.

Tabell 9 Förändring av risk för lindrig skada. Resultaten baseras på potensmodellen i några olika varianter.

Lindrig skada	Åtgärd				
	Modell	Ny ATK 90 km/tim vid kamera	Ny ATK 90 km/tim mellan kameror	Ny ATK 80 km/tim vid kamera	Ny hastighetsgräns 90 – 80 km/tim
Potensmodellen (medelhastighet)		-10,6 %	-3,0 %	-19,7 %	-5,0 %
Potensmodellen (P85)		-15,6 %	-4,3 %	-26,3 %	-3,2 %
Potensmodellen (per individ)		-10,8 %	-3,0 %	-19,9 %	-4,9 %

Tabell 10 Förändring av risk för svår skada. Resultaten baseras på potensmodellen i några olika varianter.

Svår skada	Åtgärd				
	Modell	Ny ATK 90 km/tim vid kamera	Ny ATK 90 km/tim mellan kameror	Ny ATK 80 km/tim vid kamera	Ny hastighetsgräns 90 – 80 km/tim
Potensmodellen (medelhastighet)		-24,5 %	-7,3 %	-42,3 %	-12,0 %
Potensmodellen (P85)		-34,5 %	-10,5 %	-53,4 %	-7,7 %
Potensmodellen (per individ)		-27,1 %	-8,2 %	-44,6 %	-11,1 %

Tabell 11 Förändring av risk för att dödas. Resultaten baseras på potensmodellen i några olika varianter.

Dödad	Åtgärd				
	Modell	Ny ATK 90 km/tim vid kamera	Ny ATK 90 km/tim mellan kameror	Ny ATK 80 km/tim vid kamera	Ny hastighetsgräns 90 – 80 km/tim
Potensmodellen (medelhastighet)		-30,9 %	-9,5 %	-51,4 %	-15,4 %
Potensmodellen (P85)		-42,7 %	-13,6 %	-63,3 %	-10,1 %
Potensmodellen (per individ)		-35,4 %	-11,0 %	-54,9 %	-13,7 %

4.3.2 Jämförelse mellan potens- och exponentialmodellen

Nedan redovisas förväntat olycks- och skadeutfall dels med hjälp av potensmodellen, dels med hjälp av exponentialmodellen. Båda modellerna används på såväl på aggregerad som individuell nivå. Potenser och exponenter är satta enligt Tabell 1 och Tabell 2. Resultaten visar att det är ganska stor skillnad mellan potens- och exponentialmodellen för personskadeolyckor (Tabell 12). Exponentialmodellen ger överlag större effekter än vad potensmodellen gör. För exponentialmodellen är det också en tydlig, om än inte så stor, skillnad mellan att applicera modellen på medelvärden och individuellt när hastighetskameror används. För potensmodellen är det i stort sett ingen skillnad.

I Tabell 13 visas resultat för dödade och här är det mindre skillnad mellan de båda modellerna även om exponentialmodellen generellt ger högre effekter även här. När det gäller införandet av ATK på vägar med hastighetsgräns 90 och 80 km/tim så får man ungefär samma resultat när man använder potensmodellen individuellt och exponentialmodellen med medelvärden. Vid införandet av ny hastighetsgräns får man lägre effekter när man använder modellerna individuellt. Det gäller även för personskadeolyckor även om skillnaderna är mindre där.

Tabell 12 Förändring av risk för personskadeolycka. Resultaten baseras dels på potensmodellen och dels på exponentialmodellen.

Personskadeolycka	Åtgärd					
	Modell	Ny ATK 90 km/tim vid kamera	Ny ATK 90 km/tim mellan kameror	Ny ATK 80 km/tim vid kamera	Ny ATK 60 km/tim vid kamera	Ny hastighetsgräns 90 – 80 km/tim
Potensmodellen (medelhastighet)		-12,1 %	-3,4 %	-22,2 %	-13,6 %*	-5,7 %
Potensmodellen (per individ)		-12,4 %	-3,5 %	-22,6 %	-13,6 %*	-5,6 %
Exponentialmodellen (medelhastighet)		-21,0 %	-6,5 %	-35,8 %	-21,6 %	-10,6 %
Exponentialmodellen (per individ)		-24,8 %	-7,8 %	-39,8 %	-23,0 %	-9,9 %

* Notera att potenser som motsvarar tätortsgator har använts här (se Tabell 1).

Tabell 13 Förändring av risk för antal dödade. Resultaten baseras dels på potensmodellen och dels på exponentialmodellen.

Antal dödade	Åtgärd					
	Modell	Ny ATK 90 km/tim vid kamera	Ny ATK 90 km/tim mellan kameror	Ny ATK 80 km/tim vid kamera	Ny ATK 60 km/tim vid kamera	Ny hastighetsgräns 90 – 80 km/tim
Potensmodellen (medelhastighet)		-30,9 %	-9,5 %	-51,4 %	-30,5 %*	-15,4 %
Potensmodellen (per individ)		-35,4 %	-11,0 %	-54,9 %	-31,6 %*	-13,7 %
Exponentialmodellen (medelhastighet)		-34,0 %	-11,1 %	-54,2 %	-34,9 %	-17,9 %
Exponential-modellen (per individ)		-44,6 %	-15,2 %	-62,7 %	-38,6 %	-15,1 %

* Notera att potenser som motsvarar tätortsgator har använts här (se Tabell 1).

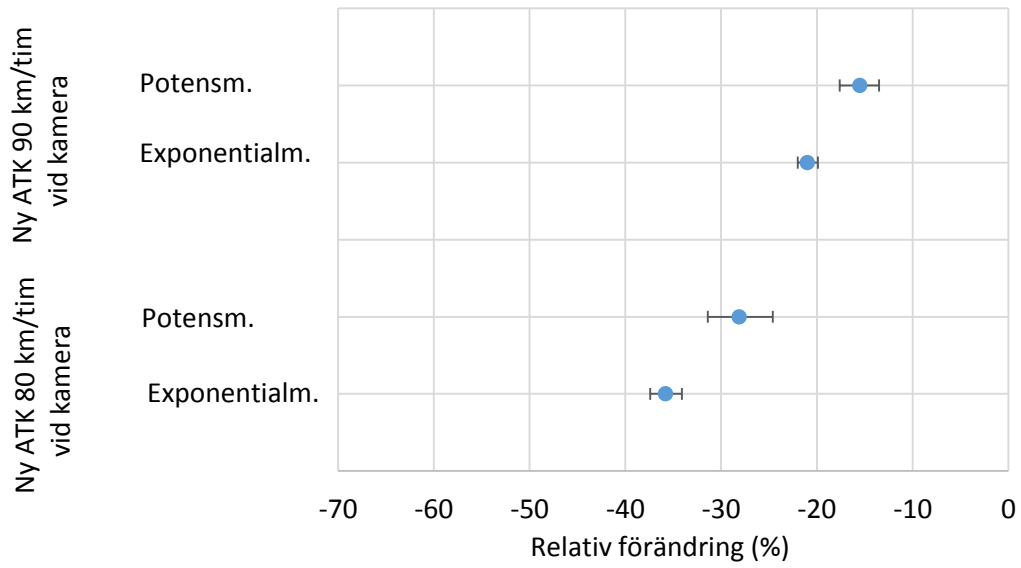
4.3.3 Skattningarnas osäkerhet

Hittills har vi bara presenterat punktskattningar av effekterna men det finns också en osäkerhet kring de skattade parametrarna (potens och exponent). Här illustreras den osäkerheten som konfidensintervall kring några utvalda skattningar. Olika osäkerhetstal har presenterats i olika rapporter men här har vi valt att använda konfidensintervall som baseras på standardavvikelse från Elvik (2014). I den rapporten redovisas standardavvikelsen för både potensmodellen och exponentialmodellen och dessa bör därför vara jämförbara. Ingen uppdelning görs dock av potensmodellen med avseende på olika vägar (tätorts- och landsbygdsvägar) så därför baseras beräkningarna på potenser som är lite annorlunda än de som används i resten av rapporten. De potenser och exponenter med tillhörande konfidensintervall som ligger till grund för det här kapitlet redovisas i Tabell 14.

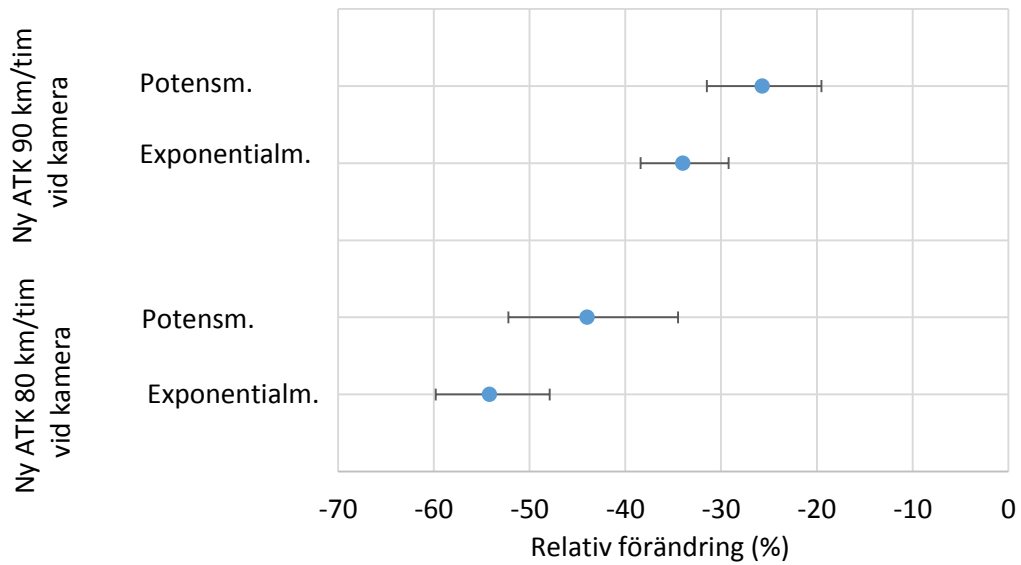
Skattningar och konfidensintervall för två olika fall, ny ATK 80 km/tim respektive 90 km/tim vid kamera, visas i Figur 5 (personskadeolyckor) och Figur 6 (dödade personer). Konfidensintervallen är generellt sett kortare för personskadeolyckor än för dödade. När det gäller personskadeolyckor kan man också se att intervallen för potens- och exponentialmodellen inte överlappar varandra vilket innebär en statistiskt säkerställd skillnad mellan dessa. För dödade ser man att konfidensintervallen överlappar varandra vilket gör att det inte går att uttala sig om skillnaden är signifikant eller inte.

Tabell 14 Underlag för beräkningar av konfidensintervall för riskskattningar. Parameterskattningar och konfidensintervall från Tabell 4.1 i Elvik (2014), oviktade värden.

Svårhetsgrad	Potensmodellen		Exponentialmodellen	
	Potens	Konf.int.	Exponent	Konf.int.
Personskadeolyckor	2,1	(1,8–2,4)	0,034	(0,032–0,036)
Dödade personer	3,7	(2,7–4,7)	0,060	(0,050–0,070)



Figur 5 Konfidensintervall för relativ riskförändring med avseende på personskadeolyckor. Potens- och exponentialmodellen applicerad på medelhastigheter.



Figur 6 Konfidensintervall för relativ riskförändring med avseende på dödade personer. Potens- och exponentialmodellen applicerad på medelhastigheter.

5 Sammanfattande diskussion

I samband med målstyrningsarbetet gentemot etappmålet om maximalt 220 dödade i trafiken år 2020 diskuteras åtgärder som syftar till att sänka trafikanternas hastigheter och öka deras hastighetsefterlevnad. Exempel på sådana åtgärder är sänkning av hastigheten på tvåfältsvägar från 90 till 80 km/tim, ATK och ökad användning av olika typer av ISA-system. Ökad hastighetsefterlevnad och sänkta medelhastigheter har t.ex. i Berg m.fl (2013) bedömts ha stor potential när det gäller att minska antalet dödade och svårt skadade. Potensmodellen (Nilsson, 2004; Elvik, 2009) och exponentialmodellen (Elvik, 2013; 2014) är två modeller som uppskattar hur en förändring av medelhastigheten påverkar utfallet av såväl antalet personskadeolyckor som antalet skadade och dödade personer. En begränsning med dessa modeller är att de endast tar hänsyn till förändringar i medelhastighet medan man vet att vissa åtgärder som ATK och ISA även påverkar hastighetspridningen och formen på hastighetsfördelningen. En tänkbar anpassning av modellerna för att kunna ta hänsyn till detta är att använda dem på individuella fordons hastighetsförändringar.

Det övergripande syftet med detta projekt är att studera om det är rimligt att använda potensmodellen på individuella fordons hastigheter i samband med utvärdering av åtgärder som påverkar olika delar av hastighetsspannet olika mycket. För att undersöka detta har vi inledningsvis studerat hastighetsfördelningar och mått som tillsammans speglar hastighetsfördelningen vid införandet av ATK och i viss mån ISA kopplad till en bonusgrundad försäkring. Därefter har vi studerat trafiksäkerhetseffekter vid införande av ATK för att se om trafiksäkerhetseffekterna då generellt är större än vad som uppskattas med potensmodellen, jämfört riskförändringar beräknade utifrån potensmodellen och exponentialmodellen för några olika åtgärder och applicerat modellerna på medelhastigheter (även på P85 för potensmodellen) och individuella hastigheter.

Resultaten visar att såväl i Sverige som i många andra länder verkar det generellt sett ske en större förflyttning av hastighetsfördelningen för de höga än för de lägre hastigheterna när man inför hastighetskameror. Detta betyder att det framför allt är de som kör fortast som minskar sin hastighet samt att spridningen i hastigheter minskar. Om man inte har tillgång till hela hastighetsfördelningen kan man jämföra förändringen av P85 med förändringen av medelhastighet och om då P85 minskar mer än medelhastigheten visar det på en större förflyttning av de högre hastigheterna. Man kan också jämföra andelen grövre överträdelse med andelen överträdelse.

För att se om det finns en tendens till att trafiksäkerhetseffekterna vid ATK generellt är större än vad som uppskattas med potensmodellen gjordes en genomgång av internationella studier som analyserat både hastighets- och trafiksäkerhetseffekter. Många av studierna visar på positiva trafiksäkerhetseffekter och en sänkning av såväl medelhastigheten som P85. Eftersom hastighetskameror ofta sätts där det är höga hastigheter och hög olycksrisk kan en delförklaring till en mycket stor reduktion av olyckor och skadade personer vara slumpmässiga variationer. För att korrekt skatta en åtgärdseffekt måste då hänsyn tas till så kallade regressionseffekter, vilket bara var gjort för ett fåtal studier. Detta innebär att det inte var möjligt att utifrån tillgängliga studier, med kravet att de analyserat både hastighetseffekter, trafiksäkerhetseffekter och regressionseffekter, bedöma om potensmodellens uppskattningar av trafiksäkerheten verkade vara i underkant.

Riskberäkningar visar att det endast är små skillnader mellan individuell och aggregerad användning av potensmodellen för lindrigt skadade medan skillnaderna ökar för svårt

skadade och ännu mer för dödade då hastighetskameror införs. Skillnaden är som störst i de fall när formen på hastighetsfördelningen ändrar sig kraftigt (vid kameror och höga hastigheter i föresituationen). Vår bedömning är att potensmodellen använd på individuella hastigheter är ett alternativ som ger rimliga resultat i förhållande till den ursprungliga potensmodellen eftersom trafiksäkerhetseffekten borde bli större om de som kör fortast ändrar sin hastighet mest. Om man använder potensmodellen på P85 är det stor skillnad mot att använda potensmodellen på enskilda fordon. Det medför att P85 inte verkar vara någon bra ersättning för potensmodellen individuellt, vilket var något som vi också ville studera i denna studie. För att ytterligare utreda potensmodellens användning på individnivå skulle det krävas data på individnivå från ett flertal olika utredningar.

Vid en jämförelse mellan potens- och exponentialmodellen visar resultaten att det är ganska stor skillnad för personskadeolyckor. Exponentialmodellen ger överlag större effekter än vad potensmodellen gör. För dödade är det mindre skillnad mellan de båda modellerna även om exponentialmodellen generellt ger högre effekter även här. För att illustrera osäkerheten gjordes konfidensintervall kring några utvalda skattningar. Konfidensintervallen baseras på standardavvikelser från Elvik (2014). Skattningar och konfidensintervall presenteras för två olika fall, ny ATK 80 km/tim respektive 90 km/tim vid kamera och visar att konfidensintervallen generellt sett är kortare för personskadeolyckor än för dödade. När det gäller personskadeolyckor kan man också se att intervallen för potens- och exponentialmodellen inte överlappar varandra vilket innebär en statistiskt signifikant skillnad mellan dessa. För dödade ser man att konfidensintervallen överlappar varandra vilket gör att det inte går att uttala sig om skillnaden är signifikant eller inte. Här bör beaktas att exponentialmodellen fortfarande är under utveckling och i Elvik (2014) finns förslag på korrigerade modeller.

Sammanfattningsvis kan konstateras att det finns ett behov av modeller som tar hänsyn till hastighetsfördelningens ändrade form vid vissa typer av åtgärder och att potensmodellen använd på individuella hastigheter är ett alternativ som ger rimliga resultat i förhållande till den ursprungliga potensmodellen. En fördel med de ursprungliga modellerna är dock deras enkelhet. Potensmodellen applicerad på individuella hastigheter blir mindre användarvänlig.

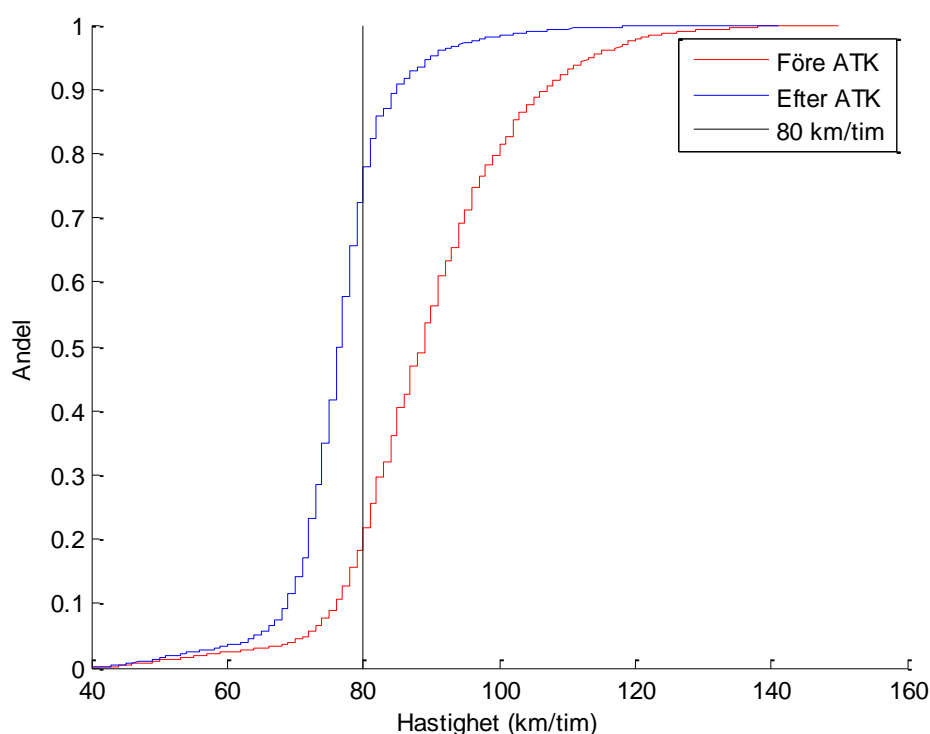
Referenser

- Allsop, R. (2013) Guidance on Use of Speed Camera Transparency Data. RAC Foundation. London, UK.
- Berg, Y., Forsman, Å., Ifver, J., Larsson, P., Lindholm, Sternlund, S., Strandroth, J. and Vadeby, A. (2013) Analys av trafiksäkerhetsutvecklingen 2012, målstyrning av trafiksäkerhetsarbetet mot etappmålen 2020. Publikation 2013:089.
- Brüde, U., Larsson, J. (1988) The use of prediction models for eliminating effects due to regression-to-the-mean in road accident data. *Accident Analysis and Prevention*, Vol 20, No. 4, pp299-310.
- Cameron, M. H., Elvik, R. (2010). Nilsson's Power Model connecting speed and road trauma: Applicability by road type and alternative models for urban roads. *Accident Analysis and Prevention*, 42, 1908-1915.
- Carnis, L., Blais, E. (2013). An assessment of the safety effects of the French speed camera program. *Accident Analysis and Prevention*, 51, 301-309.
- Cascetta, E., Punzo, V., Sorvillo, R. (2010) Impact on vehicle speeds and pollutant emissions of a fully automated section speed control scheme on the Naples urban motorway. TRB annual meeting 2010.
- De Pauw, E., Daniels, S., Brijs, T., Hermans, E., Wets, G. (2014). An evaluation of the traffic safety effect of fixed speed cameras. *Safety Science*, 62, 168-174.
- Elvik, R.; Christensen, P.; Amundsen, A. H. (2004). Speed and road accidents. An evaluation of the Power Model. Report 740. Institute of Transport Economics, Oslo.
- Elvik, R. (2009). The Power model of the relationship between speed and road safety. Update and new analyses. Report 1034. Institute of Transport Economics, Oslo.
- Elvik, R., Høyve, A., Vaa, T., Sørensen, M. (2009). Handbook of road safety measures. Emerald Group Publishing limited. United Kingdom.
- Elvik, R. (2013) A re-parameterisation of the Power Model of the relationship between the speed of traffic and the number of accidents and accidents victim. *Accident Analysis and Prevention* 50, s 854-860.
- Elvik, R. (2014) Fart og trafikksikkerhet. Nye modeller. TØI rapport 1296/2014.
- Gains, A., Nordstrom, M., Heydecker, B., Shrewsbury, j. (2005) The national safety camera program. Four-year evaluation report. December 2005. PA Consulting group, England.
- Ha, T., Kang, J. och Park, J. (2003) The effects of automated speed enforcement systems on traffic flow characteristics and accidents in Korea. *ITE Journal*, 73 (2), 28-31.
- Hauer, E. (1997) Observational before-after studies in road safety. Estimating the effect of highway and traffic engineering measures in road safety. Pergamon.
- Hook, D. A., Kirkwood, A. och Evans, D. (1995). Speed cameras in Oxfordshire. *Highways and Transportations*, 11—13.
- Kang, J. (2002) Changes of speed and safety by automated speed enforcement systems. *IATSS Research*, 26(2), 38-44.

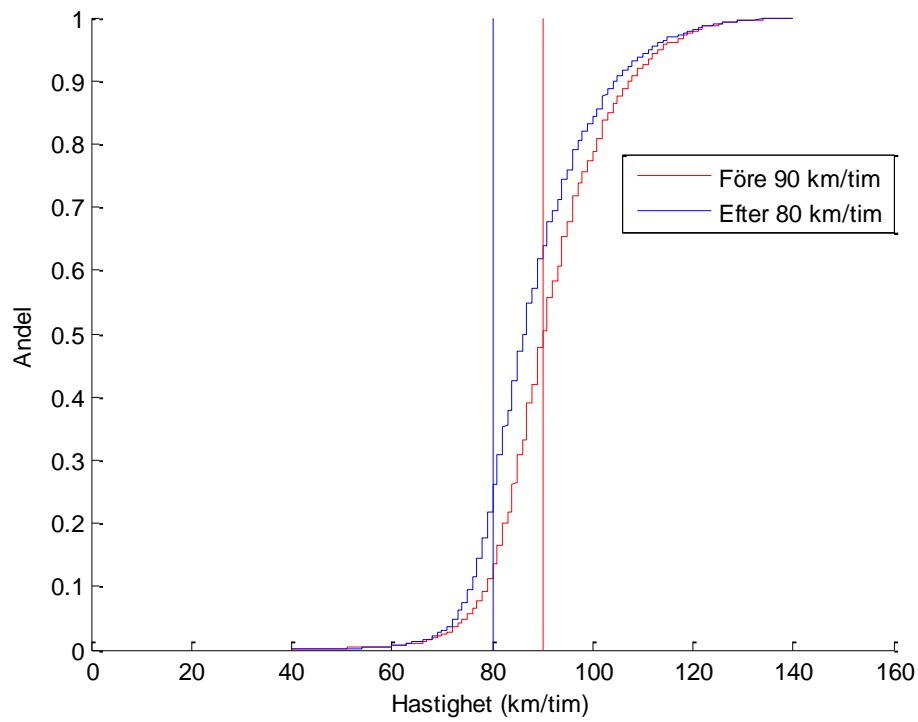
- Lamm R. och Kloeckner, J. H. (1984) Increase of Traffic Safety by Surveillance of Speed Limits with Automatic Radar Devices on a Dangerous Section of a German Autobahn: A Long-Term Investigation. *Transportation Research Record*, 974, 8-16.
- Larsson, J. och Brüde, U. (2010) Trafiksäkerhetseffekter av hastighetskameror etablerade 2006. Analys av personskador 2007- 2008. VTI Rapport 696, VTI, Linköping.
- Larsson, J., Vadeby, A. och Yahya, M-R (2011) Resultat-PM gällande hastigheter vid flyttbara ATK. VTI PM.
- Montella, A., Persaud, B., D'Apuzzo, M., Imbriani, L. (2012) Safety evaluation of automated section speed enforcement system. *Transport Research Record; Journal of the Transportation Research Board*, No 2281, Washington, D.C., pp 16-25.
- Nilsson, G. (2004) Traffic safety dimensions and the Power Model to describe the effect of speed on safety. Bulletin 221. Lund Institute of Technology, Department of Technology and Society, Traffic Engineering, Lund.
- Olsen, S. (2013). Ny metode for beregning av effekten av fartsreducerende tiltak – eksempel SATK. Artikkel til Trafikdage 2013, Aalborg universitet.
- Ragnøy, A. (2013) Streknings-ATK i tunnel. Målt effekt på kjørefart. Beregnet effekt på ulykker. Statens Vegvesen Rapporter, Nr 142. Norge
- Shin, K., Washington, S.P., van Schalkwyk, I. (2009) Evaluation of the Scottsdale Loop 101 automated speed enforcement demonstration program. *Accident Analysis and Prevention* Vol 41, p 393-403.
- 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 and Prevention* 54, s 46-56.
- Stefan, C. (2006) Section Control – Automated speed enforcement in the Kaisermühlen tunnel (Vienna, A22 Motorway). KfV report, 2006. Österrike
- Stigson, H., Krafft, M., Kullgren, A., Rizzi, M. (2012) Grönt Ljus – Kan en säkrare trafik uppnås med hjälp av ISA kopplad till en bonusgrundad försäkring? Folksam.
- Stigson, H., Hagberg, J., Kullgren, A., Krafft, M. (2013) A one year Pay-as-you-speed trial with economic incentives for not speeding, *Traffic Injury Prevention*, DOI: 10.1080/15389588.2013.850678
- Tay, R. (2000) Do Speed Cameras Improve Road Safety? *Traffic and Transportation Studies* (2000): pp. 44-51.
- Vadeby, A. och Forsman, Å. (2012) Hastighets-spridning och trafiksäkerhet. VTI Rapport 746. VTI, Linköping.
- Vadeby, A. (2012) Studie av kombinerad ATK och ny hastighetsgräns 80 km/tim. PM, VTI, Linköping.
- Vägverket (2009) Effekter på hastighet och trafiksäkerhet med automatisk trafiksäkerhetskontroll. Publikation 2009:9.

Bilaga 1: Hastighetsfördelningar

I figurerna nedan redovisas hastighetsfördelningen för några olika åtgärder. Hastighetsfördelningen visar andelen fordon som kör under en viss hastighet för samtliga förekommande hastigheter och ur den kan man till exempel utläsa andel fordon över eller under hastighetsgränsen och percentiler. I Figur 7 redovisas förändringen av hastighetsfördelningen då man har infört ATK på en vägsträcka med ny hastighetsgräns 80 km/tim. Det som illustreras i figuren är hastighetsfördelningen för samtliga fordon som kör i riktning mot kameran. Hastighetsnivån innan ATK är mycket hög i förhållande till gällande hastighetsgräns och förändringen av hastighetsfördelningen blir därmed mycket stor. Det sker en större förflyttning av hastighetsfördelningen för de höga hastigheterna, vilket innebär att det är de som kör fortast som minskar sin hastighet mest. Detta är i linje med vad som redovisas i den nationella utvärderingen av ATK (Vägverket, 2009) där man visar att trafiksäkerhetskamerorna har bäst effekt där det tidigare gått mycket fort. Vi kan se att fördelningen flyttas åt vänster (mot lägre hastigheter) också för hastigheter som innan förändringen låg under den nya hastighetsgränsen. I Figur 8 ser vi att då hastighetsgränsen sänkts från 90 km/tim (röd kurva) till 80 km/tim (blå kurva) så flyttas hela fördelningen åt vänster, vilket visar på en generell hastighetsminskning. Den största förflyttningen har skett för hastigheter i mitten av hastighetsspannet. För hastigheter under 70 km/tim är förändringarna betydligt mindre men det är också väldigt få som kör i 70 km/tim eller under.



Figur 7 Införande av ATK på väg med hastighetsbegränsning 80 km/tim. Hastighetsfördelning för alla fordon före och efter ATK. Hastigheten mätt i riktning mot kamera.



Figur 8 Förändring av hastighetsgräns 90 km/tim – 80 km/tim. Hastighetsfördelning för alla fordon före respektive efter ny hastighetsgräns.

Bilaga 2: Åtgärders effekt på olika spridningsmått

I Tabell 15 - Tabell 20 redovisas olika läges- och spridningsmått för åtgärderna

Tabell 15 Förändring av olika mått då ATK införts på väg med hastighetsbegränsning 90 km/tim (mätning vid kamera).

	Före ATK (90 km/tim)	Efter ATK (90 km/tim)	Differens	Relativ förändring (%)
Medelhastighet	89,53	82,61	-6,92	-8 %
Standardavvikelse	11,95	8,28	-3,67	-31 %
Variationskoefficient	0,13	0,10	-0,03	-25 %
Medelhastighet hos de laglydiga	82,33	81,09	-1,24	-2 %
Medelhastighet hos fortkörarna	99,91	95,73	-4,18	-4 %
Andel över hastighetsgräns	0,41	0,10	-0,31	-75 %
Andel över hastighetsgräns +6 km/h	0,24	0,03	-0,21	-86 %
Andel över hastighetsgräns +30 km/h	0,02	0,00	-0,02	-91 %
P15	80,49	76,67	-3,81	-5 %
P50	89,12	83,92	-5,20	-6 %
P85	101,07	89,55	-11,52	-11 %

*Notera att det är få som kör över hastighetsgräns +30 km/tim så den förändring som skett bör tolkas försiktigt

Tabell 16 Förändring av olika mått då ATK införts på väg med hastighetsbegränsning 90 km/tim (mätning mellan kameror).

	Före ATK (90 km/tim)	Efter ATK (90 km/tim)	Differens	Relativ förändring (%)
Medelhastighet	91,63	89,67	-1,96	-2 %
Standardavvikelse	11,81	10,77	-1,05	-9 %
Variationskoefficient	0,13	0,12	-0,01	-7 %
Medelhastighet hos de laglydiga	83,13	83,17	0,03	0 %
Medelhastighet hos fortkörarna	100,51	99,28	-1,23	-1 %
Andel över hastighetsgräns	0,49	0,40	-0,09	-17 %
Andel över hastighetsgräns +6 km/h	0,30	0,23	-0,08	-25 %
Andel över hastighetsgräns +30 km/h	0,02	0,02	-0,01	-37 %
P15	81,77	81,04	-0,73	-1 %
P50	90,65	89,14	-1,52	-2 %
P85	103,00	99,78	-3,22	-3 %

*Notera att det är få som kör över hastighetsgräns +30 km/tim så den förändring som skett bör tolkas försiktigt

Tabell 17 Förändring av olika mått då ATK införts på väg med hastighetsbegränsning 60 km/tim (mätning vid kamera).

	Före ATK (60 km/tim)	Efter ATK (60 km/tim)	Differens	Relativ förändring (%)
Medelhastighet	62,57	55,42	-7,16	-11 %
Standardavvikelse	7,60	5,46	-2,13	-28 %
Variationskoefficient	0,12	0,10	-0,02	-19 %
Medelhastighet hos de laglydiga	56,26	54,19	-2,07	-4 %
Medelhastighet hos fortkörarna	67,48	65,32	-2,16	-3 %
Andel över hastighetsgräns	0,56	0,11	-0,45	-80 %
Andel över hastighetsgräns +6 km/h	0,31	0,04	-0,27	-88 %
Andel över hastighetsgräns +30 km/h	0,00	0,00	0,00	-85 %
P15	56,13	51,10	-5,03	-9 %
P50	62,39	55,67	-6,72	-11 %
P85	70,16	60,18	-9,98	-14 %

*Notera att det är få som kör över hastighetsgräns +30 km/tim så den förändring som skett bör tolkas försiktigt

Tabell 18 Förändring av olika mått då ATK införts på väg med hastighetsbegränsning 60 km/tim (mätning mellan kameror).

	Före ATK (60 km/tim)	Efter ATK (60 km/tim)	Differens	Relativ förändring (%)
Medelhastighet	65,19	62,58	-2,61	-4 %
Standardavvikelse	7,18	6,22	-0,96	-13 %
Variationskoefficient	0,11	0,10	-0,01	-10 %
Medelhastighet hos de laglydiga	57,47	57,46	-0,01	0 %
Medelhastighet hos fortkörarna	67,95	66,21	-1,74	-3 %
Andel över hastighetsgräns	0,74	0,59	-0,15	-21 %
Andel över hastighetsgräns +6 km/h	0,43	0,25	-0,18	-41 %
Andel över hastighetsgräns +30 km/h	0,01	0,00	0,00	-58 %
P15	59,34	57,81	-1,53	-3 %
P50	64,65	62,40	-2,24	-3 %
P85	72,41	68,73	-3,68	-5 %

*Notera att det är få som kör över hastighetsgräns +30 km/tim så den förändring som skett bör tolkas försiktigt

Tabell 19 Förändring av olika mått då ATK införts på väg med hastighetsbegränsning 80 km/tim (mätning vid kamera).

	Före ATK (80 km/tim)	Efter ATK (80 km/tim)	Differens	Relativ förändring (%)
Medelhastighet	89,67	76,65	-13,02	-15 %
Standardavvikelse	13,72	8,86	-4,86	-35 %
Variationskoefficient	0,15	0,12	-0,04	-24 %
Medelhastighet hos de laglydiga	73,12	73,62	0,50	1 %
Medelhastighet hos fortkörarna	94,26	87,32	-6,93	-7 %
Andel över hastighetsgräns	0,78	0,22	-0,56	-72 %
Andel över hastighetsgräns +6 km/h	0,59	0,09	-0,50	-84 %
Andel över hastighetsgräns +30 km/h	0,08	0,01	-0,07	-92 %
P15	78,80	71,31	-7,50	-10 %
P50	89,20	77,03	-12,18	-14 %
P85	102,93	82,78	-20,15	-20 %

*Notera att är få som kör över hastighetsgräns +30 km/tim så den förändring som skett bör tolkas försiktigt

Tabell 20 Förändring av olika mått då hastighetsgränsen sänks från 90 – 80 km/tim.

	Före (90 km/tim)	Efter (80 km/tim)	Differens	Relativ förändring (%)
Medelhastighet	91,72	88,43	-3,28	-4 %
Standardavvikelse	12,04	12,24	0,19	2 %
Variationskoefficient	0,13	0,14	0,01	5 %
Medelhastighet hos de laglydiga	82,74	75,46	-7,28	-9 %
Medelhastighet hos fortkörarna	100,87	93,01	-7,86	-8 %
Andel över hastighetsgräns	0,50	0,74	0,24	49 %
Andel över hastighetsgräns +6 km/h	0,32	0,53	0,20	64 %
Andel över hastighetsgräns +30 km/h	0,02	0,06	0,04	165 %
P15	81,45	78,19	-3,26	-4 %
P50	90,82	87,06	-3,77	-4 %
P85	103,96	101,59	-2,37	-2 %

*Notera att är få som kör över hastighetsgräns +30 km/tim så den förändring som skett bör tolkas försiktigt